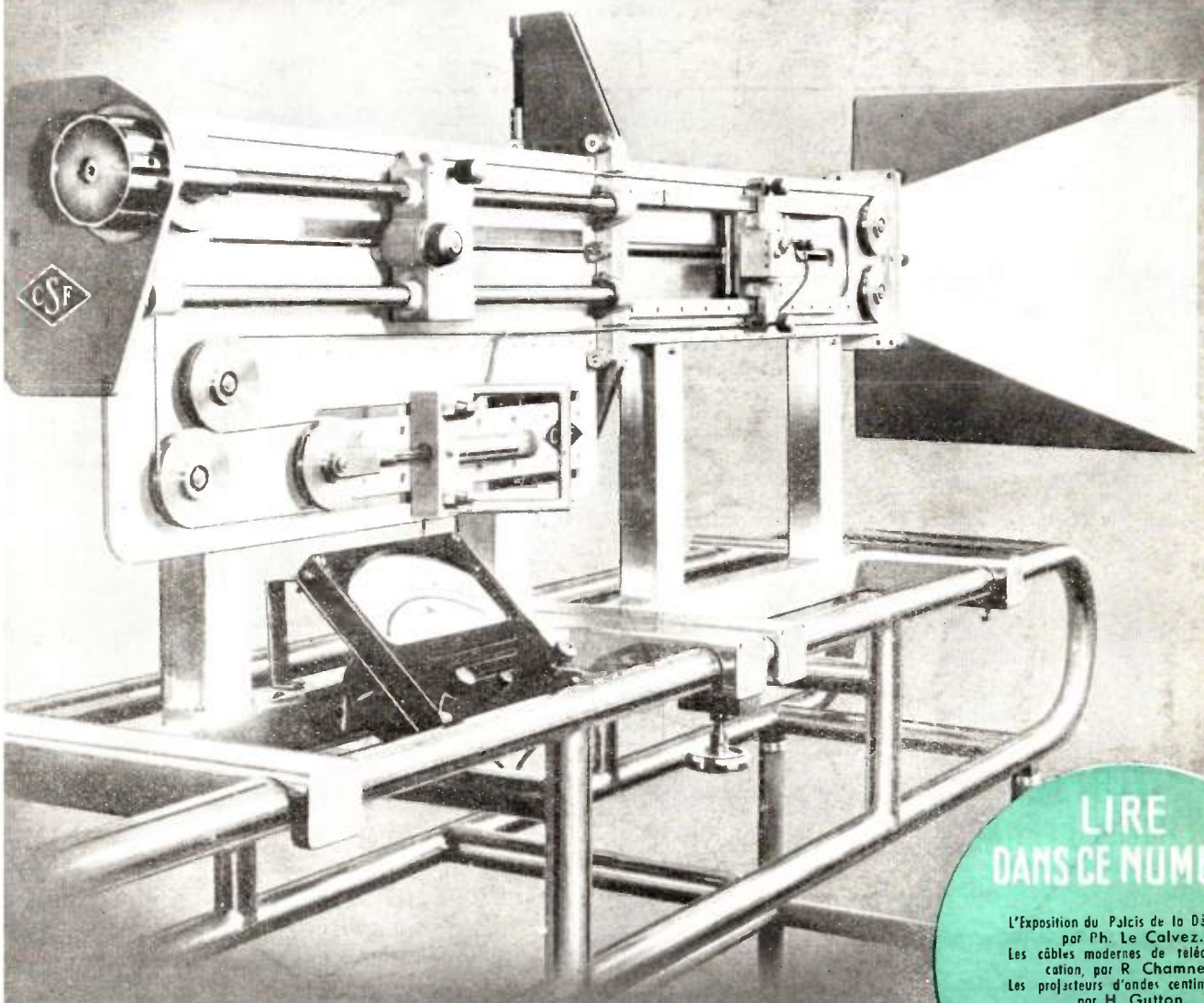
L'ONDE ÉLECTRIQUE

26e ANNÉE Nº 237
DÉCEMBRE 1946
PRIX : 80 FRANCS

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
ETIENNE CHIRON ÉDITEUR, 40, RUE DE SEINE, PARIS-6e

COLLÈGE DE FRANCE
LABORATOIRE
DE CHIMIE NUCLÉAIRE



LIRE DANS CE NUMERO

L'Exposition du Palais de la Découverte, par Ph. Le Calvez.
Les câbles modernes de télécommunication, par R. Chamney.
Les projecteurs d'ondes centimétriques, par H. Gutton.
La distorsion trapézoïdale dans les tubes cathodiques, par A. Cazalas.
Définition et caractéristiques des coefficients d'amplification brute et utile des étages amplificateurs, par R. Legros.

CABLES ISOLÉS AU Siflex

Coaxiaux en paires symétriques en quartes souples, rigides pour H. F. et M. F.
Les meilleures caractéristiques de transmission. Qualité et régularité.
Pour téléphonie multiple, Radiodiffusion, Radiogoniométrie, Télévision, etc.

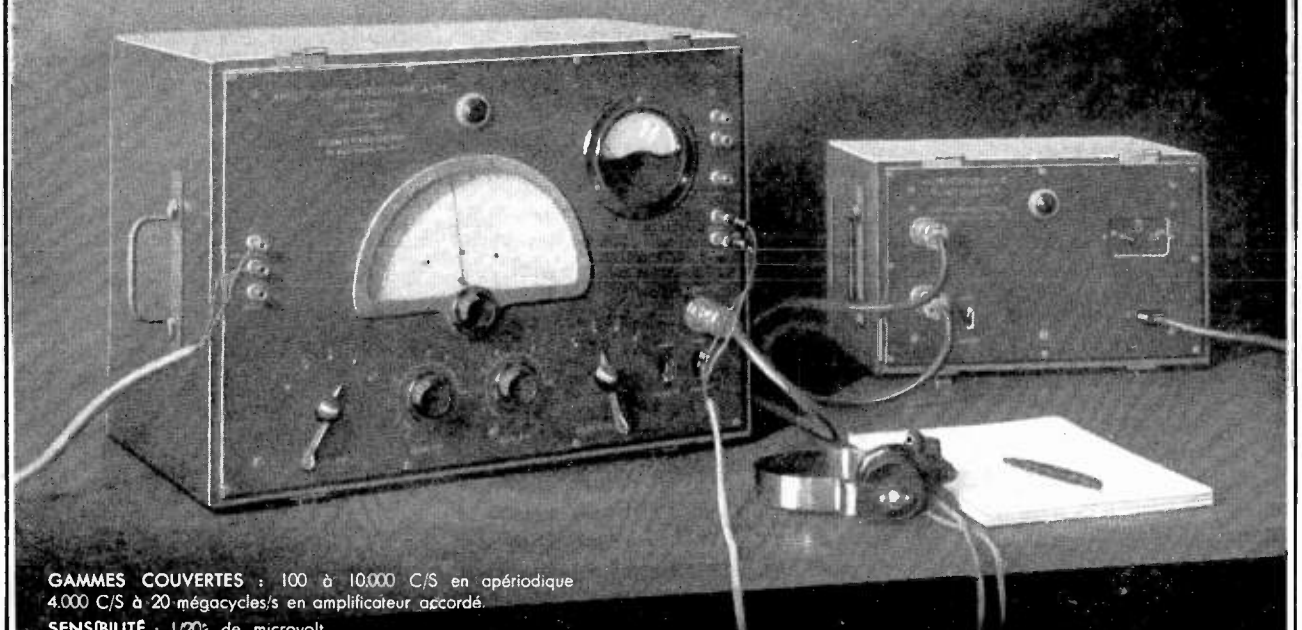
DIRECTION SERVICES COMMERCIAUX
89, RUE DE LA FAISANDERIE - PARIS (16e)

L.T.T

SERVICES D'INSTALLATION - LABORATOIRES
TÉLÉPHONE : TROCADÉRO 12-71 et 12-85

PUBLEDITEC DOMENACH

AMPLIFICATEUR HETERODYNE A. M. E.



GAMMES COUVERTES : 100 à 10.000 C/S en apériodique
4.000 C/S à 20 mégacycles/s en amplificateur accordé.
SENSIBILITÉ : 1/20e de microvolt.
SELECTIVITÉ : 200 cycles seconde.
AMPLIFICATION : 110 décibels.

AUTRES FABRICATIONS

RECEPTEURS PROFESSIONNELS (2e à 20.000e) - FRÉQUENCEMÈTRE MICROVOITMÈTRE - AMPLIFICATEURS HETERODYNES ET APERIODIQUES, ETC...

ATELIERS DE MONTAGES A.M.E. ÉLECTRIQUES

54, rue de Théâtre - PARIS 15e — TÉLÉPHONE : SUFFREN 72-74

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue Mensuelle publiée par la Société des Radioélectriciens

ABONNEMENT D'UN AN
FRANCE. . . . 800 »
ÉTRANGER : . . . 950 »

Etienne CHIRON
ÉDITEUR
40, Rue de Seine — PARIS (6e)
C. C. P. PARIS 53-35

Prix du Numéro :
80 francs

Vol. XXVI **Décembre 1946** **Numéro 237**

SOMMAIRE

L'exposition du Palais de la Découverte	Ph. Le Calvez.	443
Les câbles modernes de télécommunication	R. Chamney.	448
Les projecteurs d'ondes centimétriques	H. Gutton.	459
La distorsion trapézoïdale dans les tubes cathodiques	A. Cazalas.	467
Définition et caractéristiques des coefficients d'amplification brute et utile des étages amplificateurs	R. Legros.	472
Remarque sur les condensateurs à capacité variable	Parodi. Raymond.	477
La Conférence des Télécommunications de Moscou	Cdt Loyen.	479
Spécifications de radars pour la Marine marchande		481
Table des matières du volume XXVI		488
Analyses		25 A - 28 A

Sur la couverture :

Réflectomètre de la Compagnie Générale de T. S. F. utilisée pour la mesure des coefficients des réflections dans les guides d'ondes, présentée à l'Exposition du Palais de la Découverte.

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

FONDATEURS

Général Ferrié, Membre de l'Institut.

† H. Abraham, Professeur à la Sorbonne.
† A. Blondel, Membre de l'Institut.
P. Brenot, Directeur à la Cie Générale de T. S. F.
J. Cornu, Chef de bataillon du Génie e. r.
† A. Pérot, Professeur à l'Ecole Polytechnique.
J. Paraf, Directeur de la Sté des Forces Motrices de la Vienne.
La Société des Ingénieurs Coloniaux.

BUTS ET AVANTAGES OFFERTS

La Société des Radioélectriciens, fondée en 1921 sous le titre « Société des Amis de la T. S. F. », a pour buts (art. 1 des statuts) :

1° De contribuer à l'avancement de la Radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des Sciences et Industries qui s'y rattachent ;

2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Les avantages qu'elle offre à ses membres sont les suivants :

1° Service gratuit de la revue mensuelle *l'Onde Electrique ;*

2° Réunions mensuelles, avec conférences, discussions et expériences sur tous les sujets d'actualité technique ;

3° Visites de diverses installations radio-électriques : stations d'émission et de réception, postes de navires et d'avions, laboratoires, radiophares, expositions, studios, etc ;

4° Bibliothèque et prêt de livres ou de revues à domicile ;

5° Abonnements circulaires à certaines revues ;

6° Renseignements de tous ordres (joindre un timbre pour la réponse).

COTISATIONS

Elles sont ainsi fixées :

1° Membres titulaires, particuliers..... 200 fr.
— sociétés ou colectivités..... 800 fr.

2° Membres titulaires, âgés de moins de vint-cinq ans, pourront bénéficier d'une réduction de 40 % sur leur cotisation.

Les membres de ces deux catégories, résidant à l'étranger, doivent verser en plus un supplément pour frais postaux.

3° Membres à vie :

Les particuliers, membres titulaires, peuvent racheter leur cotisation annuelle par un versement unique égal à quinze fois le montant de cette cotisation, soit..... 3.000 fr.

4° Membres donateurs :

Seront inscrits en qualité de donateurs, les membres qui auront fait don à la Société, en plus de leur cotisation, d'une somme égale au moins à ..... 800 fr.

5° Membres bienfaiteurs :

Auront droit au titre de « Bienfaiteurs », les membres qui auront pris l'engagement de verser pendant cinq années consécutives, pour favoriser les études ou publications techniques ou scientifiques de la Société une subvention d'au moins..... 1.000 fr.

Adresser la correspondance administrative et technique, et effectuer le versement des cotisations à l'adresse suivante :

SOCIETE DES RADIOELECTRICIENS
14, avenue Pierre-Larousse, Malakoff (Seine)
Tél. : ALESIA 56-30 - Compte de chèques postaux n° 697-38

Les correspondants sont priés de rappeler chaque fois le numéro d'inscription porté sur leur carte.
CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 10 francs à toute demande.

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

ANCIENS PRESIDENTS DE LA SOCIETE

MM.

1922 M. DE BROGLIE, Membre de l'Institut.
1928 H. BOUSQUET, Président du Conseil d'administration de la Cie Gle de T. S. F.
1924 R. DE VALBREUSE, Ingénieur.
1925 † J.-B. POMEY, Inspecteur général des P. T. T.
1926 E. BRYLINSKI, Ingénieur.
1927 † Ch. LALLEMAND, Membre de l'Institut.
1928 Ch. MAURAIN, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.
1929 L. LUMIÈRE, Membre de l'Institut.
1930 Ed. BELIN, Ingénieur.
1931 C. GUTTON, Membre de l'Institut.
1932 P. CAILLAUX, Conseiller d'Etat.
1933 L. BRÉGUET, Ingénieur.
1934 Ed. PICAULT, Directeur du Service de la T. S. F. au Ministère des P. T. T.
1935 R. MESNY, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité.
1936 R. JOUAUST, Directeur du Laboratoire Central d'Electricité.
1937 F. BEDEAU, Agrégé de l'Université, Docteur ès sciences.
1938 P. FRANCK, Ingénieur en chef de l'Aéronautique.
1939 † J BETHENOD, Membre de l'Institut.
1940 † H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne.
1945 L. BOUTHILLON, Ingénieur en chef des Télégraphes.

BUREAU DE LA SOCIETE

Président :

R. P. P. LEJAY, Membre de l'Institut.

Vice-Présidents :

MM. P. BESSON, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.
Y. ROCARD, Professeur à la Sorbonne.
R. BARTHÉLEMY, Membre de l'Institut.

Secrétaire général :

M. R. RIGAL, Ingénieur en chef des P. T. T.

Trésorier :

M. R. CABESSA, Ingénieur.

Secrétaires :

MM. Ph. LE CALVEZ, Ingénieur à la Direction du Service de la T. S. F
J. VOGE, Ingénieur des P. T. T.
Y. ANGEL, Ingénieur à la Radiodiffusion Française.

SECTIONS D'ETUDES

N°	Dénomination	Présidents	Secrétaires
1	Etudes générales.	M. DE MARE.	M. FROMY.
2	Matériel radioélectrique.	M. AUBERT.	M. ADAM.
3	Electro-acoustique.	M. BEDEAU.	M. POINCELOT.
4	Télévision.	M. BARTHÉLÉMY	M. ANGEL.
5	Hyperfréquences.	M. CLAVIER.	M. GOUDET.
6	Electronique.	M. LÉAUTÉ.	M. BRACHET.
7	Documentation.	M. VILLENEUVE.	M. CHARLET.

Les adhésions pour participation aux travaux des sections doivent être adressées au Secrétariat de la Société des Radioélectriciens, 10, avenue Pierre-Larousse, à Malakoff (Seine).

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

MM.	Présenté par M.
COISEL (Bernard), Ingénieur aux Laboratoires de Recherches Sadir	BEDEAU.
CORNU (Raymond), Ingénieur des Travaux P.T.T.	ANDRIEUX.
COURTEAUX (Jacques), Ingénieur	BOISSINOT.
COUTIN (Marcel), Agent technique	Mme BOURGEAUX.
DEBRAY (Michel), Professeur de Sciences physiques au collège de Fécamp	LANGANEY.
DELHOMEZ (Maurice), Elève ingénieur à l'E.C. de T.S.F	QUINET.
DEMARQUE (Robert), Contrôleur service de Télévision, radiodiffusion française	RIGAL.
DEMONGEOT (René), Elève agent technique	QUINET.
DESROCHES (Louis), Ingénieur de la Marine nationale	RIGAL.
DOMENJOUD (Paul), Ingénieur civil des Mines	LACHARNAY.
DOUEZY (Edmond), Officier	BAUDE.
DUMOULIN (Gilbert), Contrôleur des I.E.M. des P.T.T	LE CALVEZ.
Mlle DURAND (Jeanne), Agent technique chargée de la documentation chez S.A.D.I.R.	POINCELOT.
FIRQUET (Michel), Etudiant à l'E. C. de T. S. F.	QUINET.
GAILLARD (Michel), Agent technique	SELZ.
GANVERT (Max), Elève ingénieur	QUINET.
GASIGLIA (Paul), Professeur agrégé de mathématiques au lycée de Nice	ROCARD.
GESQUIERE (Robert), Etudiant à l'E.C. de T.S.F.	GUILLEZ.
GUILLAUMONT (René), Dépanneur radioélectricien.	Mme BOURGEAUX.
GUILLERM (Henri), Ingénieur radio I.E.G	BOURASSIN.
GUISIMAND (Raymond), Ingénieur I.E.G	GAMET.
HENRY (René), Agent technique radio	BOURASSIN.
HUEBER (Lucien), Ingénieur électricien	BOMMER.
ALAIN (Paul), Radiotechnicien, chef de Laboratoire des Ets G. M. R.	ROUGE.
ALVES (Jean), Chef d'équipe à L. C. T., à Montrouge	QUINET.
ANDRÉ (René), Elève à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications	RIGAL.
BAILLAUD (Pierre), Ingénieur	R. P. LEJAY.
BALMELLI (Elevezion), Etudiant	QUINET.
BARON (André), Elève Agent Technique Radio	QUINET.
BAUDOT (Michel), Etudiant à l'Ecole Centrale de T. S. F.	QUINET.
BECQUE (Willy), Ingénieur Radio	BUSSAT.
BERGER (Henry), Radiotélégraphiste	Mme BOURGEAUX.
BERTAUD (Jean), Etudiant à l'Ecole Centrale de T. S. F.	QUINET.
BERTAUX (Gérard), Etudiant	NOEL.
BERTRAM (Pierre), Aspirant Radio, armée de l'Air.	RIGAL.
BERTRAND (Serge), Radio	VOGE.
BEZAGU (Roger), Contrôleur Principal des P. T. T.	LE CALVEZ.
BILLOTTET (Henri), Elève Ingénieur à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications.	RIGAL.
BLAIS (Henri), Etudiant Ecole Cle de T. S. F. et C. Nl des Arts et Métiers	QUINET.
BOMMIER (Robert), Etudiant à l'E. S. E. (Radio)	BEDEAU.
BONAMY (Maurice), attaché technique Radiodiffusion Française	RIGAL.
BOSTROEM (Jean), Ingénieur	BÉDOURA.
BOTIN, Elève à l'Ec. Nle Sup. des Télécommunic.	RIGAL.
BOUDEVILLE (Pierre), Contr. Pal I.E.M. des P.T.T.	LAPRIE.
BOUDOT, Agent spécial des transmis. de l'intérieur.	Mme BOURGEAUX.
BOUGUIE (René), Ingénieur	BOUVIER.
BOUHOU (André), Elève à l'Ecole Supér. d'Electricité	RIGAL.
BOULC'H (Gabriel), Ingénieur E. S. E.	BEDEAU.
BOUVARD (Henri), Attaché Direction Radiodiffusion, Ecole Nale Supérieure des Télécommunications.	RIGAL.
BROCHET (Maurice), Agent technique principal	FOMBONNE.
BRUNG, Opérateur Radio au Service des transmissions de l'Intérieur	Mme BOURGEAUX.
BRUNO (Gaston), Etudiant à l'E. C. de T. S. F.	QUINET.
DE BRY (Jean), technic. radioélectr. à la S.A.D.I.R.	GRANIER.
BUNODIÈRE (André), Ingén. radioélectr. Sté Loth.	BACLE.
BUTEAU (Pierre), étudiant radio-électricien	QUINET.
CANAL (Paul), Ing. à l'Institut français du Pétrole.	BASTIDE.
CHABROL (Maurice), Ingénieur du Génie Maritime.	RIGAL.
CHAIMOWICZ (Jean-Claude), Ingénieur E. S. E.	RAJCOM.
CHANDANSON (Pierre), Agent technique radio	RIGAL.
CHARIL, Agent technique	VOGE.
CHARLES (Victor), Officier d'active	CNE DAUPHIN.
CHAZÉRANS (Roger), Ingénieur des Transmissions Coloniales	RIGAL.
CONSTANT, Opérateur radio au service des Transmissions de l'Intérieur	Mme BOURGEAUX.
CORRE, Opérateur au service des Transmissions de l'Intérieur	Mme BOURGEAUX.
COURMES (Jean), Ingénieur Radio E. S. E.	DEJEAN.
COUZINET (Pierre), Ingénieur à la Sté Savoisienne de Constructions Electriques	SEQUIES.
CROISOT (Roger), Ingénieur au L. C. T.	BECQUEMONT.
CUISENIER (Pierre), dépanneur radio-électricien.	QUINET.
CULLMANN (Georges), Officier d'active	RIGAL.
DAGUET (Jacques), Ingénieur P. T. T.	RIGAL.
DASSE (Henri), Officier	VOGE.
DAUGNY (Bertrand), Licencié es-sciences Paris, élève ingénieur E. S. E. (Radio)	DEJEAN.
DAVID (René), Radiotélégraphiste au service des Transmissions de l'Intérieur	Mme BOURGEAUX.
DEDIEU (Paul), Ingénieur à la S. F. R.	SEV.
DELAGE (Michel), Chef de poste, service Transmissions de l'Intérieur	Mme BOURGEAUX.
DEMISSY (René), Contrôleur des I.E.M. des P.T.T., service de la T. S. F.	DUGIT.
DENAUX (Roger), Ingénieur	BERGER.

)ESAUTY (Jean), étudiant à l'E. S. E..... COISEL.
)ESCHAMPS (Lucien), Joaillier..... RIGAL.
)ESCHAMPS (René), Etudiant Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications..... RIGAL.
)IRIART (Ernest), Agent technique radio..... VOGE.
)UMONT (Edouard), Ingénieur aux Laboratoires de l'O. N. E. R. A..... RIGAL.
:MERY (Pierre), Elève agent technique radio.... MACHET.
:SCUDIE (Maurice), Elève ingé. à l'E. C. de T.S.F. QUINET.
:SCULIER (Guy), Ingénieur, ancien élève de l'Ecole Polytechnique ..... GROLLEAU.
'ACON (Lucien), Etudiant à l'E. C. de T. S. F..... QUINET.
'ALQUE (Gabriel), Agent technique radio..... Mme BOURGEAUX.
'ALGUIÈRES (Henri), Ingénieur..... GLAZER.
MILIER (Henri), Ingénieur radio-électricien.... GLAZER.
/IER (Emile), Agent technique..... ERNYEI.
:RRY (André), attaché direction Radiodiffusion (détaché école des Ponts)..... RIGAL.
'EYZEAU (André), Agent technique..... HEUZÉ.
'IALIP (Pierre), Ingénieur E. S. E..... D'ANTIN.
'ONTAINE, Etudiant ..... QUINET.
'ONTENIT (Roger), Ingénieur Télévision..... LE BORGNE.
'OUQUES DUPARC (René), Agent technique Radio à la S. I. P. L..... MACHET.
'RANÇOIS (Lucien), Etudiant en Radioélectricité.. QUINET.
'RENCH (Georges), Ingénieur directeur technique. MACHET.

ANNONCES

'ORTRAITS DES GRANDS HOMMES DES TELECOMMUNICATONS

Le Bureau de l'Union Internationale des Télécommunications qui, les nnées dernières, a offert en souscription une gravure de MORSE, de IUGUES, de BELL, de MARCONI, de BAUDOT, de GAUSS et WEBER, de IAXWELL, du général FERRIÉ, de SIEMENS, de POPOV et d'AMPÈRE met ctuellement en vente une eau-forte de HERTZ tirée à 440 exemplaires, ur papier de luxe. Chaque épreuve mesure 23 cm. × 17 cm., marges omprises. Cette gravure peut être obtenue au Bureau de l'Union Inter-ationale des Télécommunications, Effigerstrasse 1, à Berne (Suisse). ontre l'envoi de la somme de 3 francs suisses par exemplaire, frais e port et d'emballage compris.

Un petit nombre d'exemplaires des portraits de MORSE, de HUGHES, e BELL, de MARCONI, de BAUDOT, de GAUSS et WEBER, de MAXWELL, du énéral FERRIE, de SIEMENS, de POPOV et d'AMPÈRE tirés de 1935 à 1945 et encore disponible. Prix : 3 francs suisses par unité.

Usine d'aéronautique parisienne demande ingénieur radio mécanicien étude et de réalisation ayant expérience pratique, âgé de 30 à 40 ans t capable de solutionner rapidement tous problèmes de radio-télécommuni-ation et télémécanique V.H.F. ; connaissant bien matériel colonial, .F. industrielle et médicale, et applications de la piézo-électricité. elle situation d'avenir, atmosphère sympathique. Premier contact par ettre ou téléphone. J. Dieutegard, 13, rue Christiani, Paris. Tél. Mont-artre 80-82. Discrétion assurée.

La *Revista Electrotecnica*, organe officiel de l'Association argentine des lectrotechniciens, recherche collaboration originale sur l'Electricité et es diverses applications, ainsi que sur les nouveautés ou progrès dans champ scientifique ou industriel.

Ceux de nos membres que cette offre de collaboration intéresserait ont priés de s'adresser, pour tous renseignements, à M. A.-L. Charlet, agénieur, délégué de la *Revista Electrotecnica*, 1 *bis*, rue Nicolas-Houel, Paris (5e). Tél. Por. 32-99.

L'étude de M. P. BESSON, Ing. en chef des Ponts et Chaussées
sur **LA MODULATION DE FRÉQUENCE**
parue dans les numéros de L'ONDE ÉLECTRIQUE *de janvier, à juin 1946 (les numéros de janvier, février, mars et avril étant épuisés) VIENT DE PARAITRE EN LIBRAIRIE*
Un volume de 112 pages, format 21 × 30 cm.
210 francs, port 25 francs.
Chez Etienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, Paris-6e

TEXTE DES DISCOURS PRONONCÉS A L'INAUGURATION DE L'EXPOSITION DU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

DISCOURS DU R. P. LEJAY,

Président de la Société des Radioélectriciens

MONSIEUR LE MINISTRE,

Que vous ayiez bien voulu distraire quelques instants de votre labeur ans les circonstances présentes, est un premier titre à la gratitude ue la Société des Radioélectriciens vous porte et qu'elle me charge de ous exprimer ; c'en est un autre de nous avoir laissé entendre que ous n'aviez pas envisagé cette inauguration comme une banale formalité de nous avoir laissé espérer que vous éprouverez, en passant devant s réalisations de la technique radioélectrique française, une autre satis-action que celle d'accomplir, avec la parfaite aménité qui vous est outumière, une inévitable corvée.

Le succès de notre audacieuse entreprise est un peu vôtre, Monsieur Ministre, puisque vous avez bien voulu que vos services, vos adminis-és y apportent un concours sans lequel il nous aurait été impossible aboutir ; aussi nous aimerions croire que, tout à l'heure, lorsqu'à aque pas, vous constaterez, mêlés aux magnifiques réussites d'autres rganismes, les résultats obtenus par les efforts de vos ingénieurs et de otre personnel, vous aurez lieu de partager leur noble joie d'avoir servi.

La Société des Radioélectriciens a contracté depuis toujours envers le corps des ingénieurs des P. T. T. une dette que je suis heureux de reconnaître devant vous : elle a en effet constamment trouvé dans ce corps d'élite des hommes à la fois de grand renom et d'un parfait dévouement qui ont joué dans ses Conseils un rôle des plus actifs (je pense à M. Pomey, à M. Picault, à M. Bouthillon, pour ne parler que de nos anciens présidents), mais aujourd'hui, c'est encore à deux de vos ingénieurs qu'elle doit l'excellente organisation de ses activités, et, on peut bien le dire, c'est au dévouement sans limite de notre secrétaire général, M. Rigal, et de notre secrétaire, M. Le Calvez, qu'elle doit d'avoir pu monter cette exposition ; ils s'y sont dépensés au point d'y sacrifier une partie de leurs vacances.

Dès l'établissement de notre projet, nous avons rencontré auprès de M. Lange et de toute votre administration un accueil empressé qui s'est immédiatement traduit par une aide matérielle et technique très importante.

Que le service téléphonique nous ait établi avec diligence les liaisons entre le Grand Palais et divers laboratoires, d'où sont transmises par fil, à partir d'instruments intransportables, quelques belles expériences, cela pourra sembler tout naturel, mais le fait que votre département ait répondu favorablement à toute demande d'aide que nous adressions, qu'il ait mis par exemple à notre disposition la compétence de M. Goret auquel nous devons l'harmonieux agencement des stands, ne montre-t-il pas qu'il avait fait sienne notre cause ? A juste titre sans doute, puisque la radioélectricité, je ne dis pas seulement la radiotélégraphie, prend chaque jour, dans vos services, une place plus envahissante. N'est-ce pas par eux qu'est exploité le premier câble hertzien du monde ?

Certes, en soulignant la part de l'Administration des P. T. T., je n'ai garde d'oublier la coopération des organismes d'Etat, et, en premier lieu, de l'Education Nationale et de l'Université de Paris qui nous a généreusement offert le très beau cadre de ce Palais.

Le Centre National d'Etudes des Télécommunications vous montrera les intéressantes recherches, d'ailleurs sous votre administration, poursuivies au Laboratoire National de Radioélectricité, notamment dans le domaine de la propagation et des mesures de fréquence de haute précision, et les non moins remarquables résultats de son laboratoire des hyperfréquences.

De leur côté, les ministères de l'Armement et des Armées vous permettront de connaître où en sont en France les applications de la radioélectricité à la navigation. Qui en douterait ? La torpille acoustique, qui atteint toujours son but, n'a pourtant pas trouvé seule le chemin de Paris ; j'ai même l'impression que ce monstre marin d'automatisme se sent aujourd'hui quelque peu dépaysé d'être couché dans un palais, fut-ce celui de la Découverte, et l'on nous dit qu'elle en a manifesté, en s'embarquant sur un wagon, quelque mauvaise humeur.

Enfin, le Ministère de l'Information nous présente un studio où chacun, s'il le désire, fera enregistrer et reproduire quelques paroles qu'il pourra croire immortelles.

Ainsi toutes les grandes administrations ont-elles collaboré, rivalisant de zèle pour donner à notre manifestation tout son éclat. Mais si grande que soit leur part, celle de l'industrie n'est pas moins intéressante.

S'il a été impossible de montrer au public que la technique française en matière de télévision se trouve en avance sur l'étranger (l'émetteur à 1.000 lignes n'était pas disponible), du moins verrons-nous un bel ensemble où nous pourrons suivre en détail, de la prise de vues à la réception, une transmission à 800 lignes qui égale peut-être les meilleures productions et dont la perfection provoquera l'étonnement. Le microscope électronique, les démonstrations d'application industrielle de la haute fréquence, sont trop spectaculaires pour n'avoir pas la faveur du public, tandis que les spécialistes se pencheront avec intérêt sur les récepteurs à bande latérale unique et à modulation de fréquence où se retrouve aussi bien la marque du génie français.

Ce simple aperçu est suffisant, Monsieur le Ministre, pour vous faire entrevoir que ce ne sera pas, pour vous comme pour nous, une mince satisfaction que de constater comment, au sein de notre Société, l'harmonieuse distribution des rôles entre grandes administrations publiques et sociétés privées, l'admirable émulation dans le dévouement à une même cause ont pu surmonter les obstacles de l'heure et mettre sur pied le très bel exposé de la radiotechnique française.

Si nous remarquons qu'aucun mobile interessé ne pouvait encourager ni les uns ni les autres ; que tous les efforts déployés, toutes les initiatives prises resteront anonymes et qu'il serait vain d'en chercher une répercussion quelconque dans l'ordre économique, il faut bien reconnaître que tous ont eu, à s'engager dans cette œuvre, un singulier mérite.

La Société des Radioélectriciens a voulu, et uniquement, révéler au public que, malgré les circonstances tragiques qu'elle a traversées, la technique française, en un domaine essentiel, n'était pas à la traîne, à la remorque de l'étranger ; qu'elle se trouve prête à faire reprendre à notre pays, dès que les conditions de travail s'amélioreront, une place très honorable parmi les nations les plus avancées, en tête du progrès.

Vous le saviez déjà, Monsieur le Ministre, vous qui avez reçu le mois dernier les marques de sympathie de nos collègues étrangers réunis à Paris pour le premier congrès radioélectrique international d'après-guerre ; le geste fraternel de M. l'Inspecteur général Corteil, qui a bien voulu venir de Bruxelles pour représenter ici la Société Belge des Ingénieurs des Télécommunications et de l'Electronique nous en est un autre précieux témoignage, mais il semblait nécessaire que cette position de la radiotechnique française soit aussi connue du public, et c'est pourquoi nous avons pris une initiative qui pourrait paraître à certains trop hardie.

Nous savions, il est vrai, en lançant notre projet, que nous nous placions devant un double paradoxe : celui d'une institution privée qui veut rassembler, dans la poursuite d'une œuvre commune les divers services

de l'Etat, et celui qui consiste à demander à des sociétés industrielles de déployer leurs moyens à la recherche d'un but idéaliste étranger à leur fin propre.

La Société des Radioélectriciens, en mobilisant pour fêter son vingt-cinquième anniversaire les organismes puissants que nous voyons ici représentés, n'a-t-elle pas commis une double indiscrétion, et doit-elle présenter des excuses pour s'être mis délibérément, à double titre, hors des lois qui régissent normalement la vie collective ?

Je plaiderai « non coupable », confiant dans l'indulgente sympathie du tribunal.

Il serait sans doute déplacé de ma part et je dépasserais les limites de mon mandat si j'entamais devant vous une discussion sur l'exclusivité que d'aucuns voudraient donner à l'Etat considéré comme coordonnateur et arbitre des initiatives privées, mais il me semble que je puis, sans mauvaise grâce, même en une occasion où l'Etat nous a si libéralement donné son concours, souligner l'influence bienfaisante que certain fluide peut exercer pour mettre en route les plus lourds rouages.

Cette force subtile, vous n'aurez pas de peine à le reconnaître, Monsieur le Ministre, c'est aujourd'hui l'idéal commun à tous les radioélectriciens, je veux dire la passion de leur métier et la passion de la France.

Ils l'ont montré hier, pendant les années de travail silencieux, poursuivi malgré le danger, dans la clandestinité ; ils l'ont montré depuis, dans leur optimisme tenace à poursuivre leur œuvre dans les pires difficultés.

La Société des Radioélectriciens est le foyer où cette flamme, allumée par le Général Ferrié, pieusement conservée, s'entretient.

Soulevés ensemble par le mouvement d'une science jeune en plein bouillonnement, il semblerait que les Radioélectriciens n'ont pas le temps de s'arrêter aux questions d'intérêt ou de préséance qui rapetissent. D'année en année, leur enthousiasme se renouvelle en présence des avances prestigieuses de nos possibilités techniques et des percées de nos connaissances théoriques. A les fréquenter, on a l'impression que, dans ces branches où se mêlent les développements les plus abstraits aux réalisations les plus étonnantes, les hommes de science, et tous les radioélectriciens en sont, se sentent dépassés. Les plus grands ont conscience d'être des fétus de paille soulevés par un vent d'orage, et les plus petits sont entraînés par leurs aînés dans la fierté.

On a souvent parlé, et parfois avec emphase, du désintéressement des savants ; il me semble que vous pouvez le voir ici, Monsieur le Ministre, se traduire en actes.

Mais comme leurs antennes qui s'élèvent et rayonnent dans l'espace sont tenues au sol par de robustes haubans, les radioélectriciens ont bien aussi les deux pieds sur la terre, et ce serait les trahir que de donner l'impression que, pour eux, tout est pour le mieux dans le meilleur des mondes.

Si, à force d'énergie, ils peuvent nous faire admirer quelques échantillons de leur technique, il serait dommageable qu'on en conclût qu'ils en soient satisfaits. Leur ambition va plus loin ; ils ne veulent plus qu'éternellement la France soit le pays des prototypes sans réplique, et ils sentent que pour donner au pays autre chose qu'une gloire ruineuse, ils ne sont pas suffisamment épaulés.

Il faut qu'on sache que beaucoup d'appareils exposés sont uniques, et à la merci d'un accident, car il n'y a pas de pièces de rechange.

Nous savons, nous prévoyons tout proche l'immense développement des techniques radioélectriques dans l'économie mondiale de l'avenir et nous pensons qu'il est grand temps d'attirer vers elles, nombreuse, une jeunesse qui ne demandera qu'à travailler, si on lui dispense plus largement un enseignement technique adapté et si on lui propose des perspectives matérielles proportionnées à l'effort intellectuel qu'on lui demande.

Prenons garde ! alors qu'on prévoit dans un certain pays que, dans quelques années, plus du dixième de la population sera, de près ou de loin, attaché à la recherche, chez nous on rapporte qu'un major de promotion d'une grande école abandonne une magnifique vocation pour un métier de prestidigitateur plus lucratif, et que les agents ou futurs agents techniques désertent les laboratoires à la recherche de quelque commerce où l'on gagne sa vie.

Il est grand temps que la valeur de l'esprit soit remise en honneur et que cette appréciation se traduise matériellement par des situations qui, non seulement ne soient pas misérables, mais affirment leur mérite aux yeux de ceux que l'effort de l'esprit a rebuté.

Cette condition d'un recrutement nombreux et de qualité, condition essentielle de notre développement, sera, pensons-nous, facilitée par des démonstrations comme celle d'aujourd'hui, si l'opinion et les pouvoirs publics en approfondissent les leçons.

Je sais, Monsieur le Ministre, avec quel cœur vous vous êtes personnellement penché sur ces problèmes complexes ; votre présence ici nous est un gage précieux qu'ils recevront la solution que demande la grandeur du pays. Les Radioélectriciens vous remercient de l'encouragement que par là vous leur donnez ; ils reprendront leur tâche avec plus de foi dans l'avenir.

DISCOURS DE M. LANGE

Directeur Général des Télécommunications au Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones

MONSIEUR LE MINISTRE,

A mon tour, j'ai l'honneur de vous présenter une exposition ; c'est celle que votre Administration a organisée à l'occasion du centenaire de l'apparition en France du télégraphe électrique.

L'Administration française des Postes, Télégraphes et Téléphones a en effet estimé qu'il convenait de marquer cet anniversaire en organisant une exposition largement ouverte à tous et où chacun puisse suivre l'évolution du télégraphe électrique depuis son origine jusqu'à nos jours. Et vous avez, Monsieur le Ministre, reconnu l'intérêt de l'entre prise en acceptant de présider personnellement à son inauguration.

Dans les salles que vous visiterez tout à l'heure, vous verrez tou d'abord les matériels qui, du premier appareil de Bréguet à celui d Baudot, ont équipé jusqu'au début de ce siècle le réseau français. Mai cela, c'est le passé et ces installations géniales ne sont plus adaptées nos exigences.

Vous verrez donc nos installations modernes ; certaines permettent une transmission de haute qualité et de haut rendement sur de conducteurs terrestres ou sous-marins ; d'autres sont utilisées pou l'équipement du réseau radioélectrique qui relie la France aux pays d l'Union française et aux pays étrangers.

Une large vue est ici ouverte sur les réalisations actuelles et sur le projets d'avenir. Par l'utilisation conjuguée de téléimprimeurs, vérita bles machines à écrire à distance, de commutateurs comparables à ceu utilisées dans la téléphonie automatique et de dispositifs à fréquenc vocale qui multiplient les circuits aux moindres frais, le systèm TELEX permet de mettre en communication télégraphique directe e bilatérale deux abonnés et donne au télégraphe de belles perspectiv d'avenir.

Je dois dire ici, Monsieur le Ministre, que si l'Administration de Postes, Télégraphes et Téléphones a pris en charge l'organisation d cette exposition, une partie du matériel que vous verrez tout à l'heur a été prêté, dans un anonymat plein de désintéressement, par des cons tructeurs que je me plais à remercier.

Je remercie également M. le Conservateur du musée des Arts e Métiers qui a bien voulu nous prêter quelques appareils de ses pré cieuses collections.

Heureusement installée au voisinage de l'exposition organisée par l Société des Radioélectriciens dans le cadre prestigieux du Palais de l Découverte, mis à notre disposition par M. le Recteur de l'Université d Paris, je ne doute pas que l'exposition *Un siècle de Télégraphie* attir d'abord, intéresse ensuite de très nombreux visiteurs.

DISCOURS DE MONSIEUR JEAN LETOURNEAU

Ministre des Postes, Télégraphes et Téléphones

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Votre Société, la Société des Radioélectriciens, a 25 ans. Elle a ét fondée en 1921 par le général Ferrié « pour contribuer à l'avancemen de la Radiotélégraphie théorique et pratique et à l'avancement de industries et des sciences qui s'y rattachent ». C'est pour moi u agréable devoir que d'affirmer que votre Société a largement atteint so but. Et elle nous donne aujourd'hui un bel exemple de vitalité, a lendemain d'une occupation qui interdisait toute activité aux laboratoire en organisant une exposition où sont montrées les réalisations les plu récentes, faites dans le domaine de la radioélectricité.

Vous nous avez dit tout à l'heure, Monsieur le Président, toutes le activités bénévoles qui avaient dû se mobiliser pour que votre proje d'exposition se réalise. Mais c'est sous votre haute direction que ce activités se sont coordonnées. Vous êtes même allé plus loin e prêchant d'exemple, vous exposez ici les fruits de vos travaux, don l'Académie des Sciences a reconnu, cette année même, l'éclatant mérit en vous appelant à siéger parmi ses membres. Vous nous montrerez tou à l'heure, je l'espère, la mise en œuvre et les résultats de ces sondage ionosphériques que vous avez effectués si longtemps à l'observatoire loin tain de SI-KA-WEI ; quand vous ne mesurez pas, en quelque coin d monde, l'accélération de la pesanteur, vous poursuivez maintenant ce sondages ionosphériques au Centre National d'Etudes de Télécommuni cations, dans ce Laboratoire National de Radioélectricité dont l'éminen directeur, M. Bureau, doit vous succéder à la présidence de la Société des Radioélectriciens.

Vous avez eu de votre côté, Monsieur le Directeur Général, un excellente idée de profiter du centième anniversaire des télégraphes élec triques en France, pour faire réaliser une exposition montrant l'évolutio de cette importante technique, doyenne d'âge dans le domaine de télécommunications électriques.

Il est du plus grand intérêt de comparer aux matériels les plus ancien les éléments constitutifs du nouveau réseau TELEX. Ainsi seront m en évidence les efforts de notre Administration et de notre Industri pour doter la France d'un réseau télégraphique moderne ; et si quelqu concurrence devait un jour s'établir entre le téléphone et le télégraph rivalisant tous deux dans la voie du progrès, vous sauriez, j'en su sûr, Monsieur le Directeur Général, discipliner ce différend.

Je ne doute pas, Messieurs, de l'intérêt considérable de tout ce qu vous allez me montrer dans quelques instants, mais dès à présent, je m réjouis de l'esprit dans lequel cette exposition a été réalisée. Née de l collaboration étroite de nos services publics et de nos industries, de l mise en commun confiante des moyens de la jeune Société de Radioélectriciens et de la « déjà vénérable » Administration des Poste Télégraphes et Téléphones, cette exposition apparaît comme le symbol de la méthode que nous devons appliquer désormais pour assurer, dan les conditions les plus favorables, le progrès des techniques qui nou sont chères.

Je remercie chaleureusement tous ceux qui ont consacré leur temp leur activité, leur expérience, leur science à l'organisation de cette bel manifestation qui aura, je n'en doute pas, un succès mérité. Grâce à eu nos amis étrangers et nos compatriotes qui, très nombreux, j'en su sûr, visiteront ces stands, quitteront le Palais de la Découverte justemen étonnés de la somme d'ingéniosité et de volonté que représentent l'étud et la réalisation des appareils exposés ; et leur foi sera consolidée dan l'avenir scientifique et industriel de notre pays.

L'EXPOSITION DU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

PAR

Ph. LE CALVEZ

Secrétaire de la Société des Radioélectriciens

Vouloir organiser une exposition avec les moyens dont dispose la Société des Radioélectriciens pouvait évidemment sembler une gageure à tout esprit raisonnable et certains ne manquèrent point de le faire remarquer. Mais à vingt-cinq ans, les Sociétés comme les hommes ont encore, fort heureusement, des réserves d'enthousiasme et le goût du risque.

L'expérience a démontré une fois de plus que ces vertus sont communicatives et que la fortune sourit aux audacieux.

Le concours de l'Administration des P. T. T., qui désirait de son côté commémorer le centenaire du télégraphe électrique, fut acquis dès le début, ainsi que celui du Centre national d'Etudes des Télécommunications, celui de la Radiodiffusion Française, du Ministère de l'Armement et du Musée de la Marine ; le Syndicat de la Construction Radioélectrique voulut bien être l'interprète de la Société auprès des constructeurs pour les inviter à soutenir matériellement et même financièrement sa téméraire entreprise, et ces concours furent d'autant plus méritoires que, organisée au Palais de la Découverte, cette exposition ne devait présenter aucun caractère publicitaire ou commercial ; son seul objet étant de permettre au grand public de prendre conscience du développement prodigieux de la radioélectricité en vingt-cinq ans et des applications chaque jour plus nombreuses à laquelle elle donne naissance dans tous les domaines.

Enfin, comme le dit M. Louis de Broglie, dans une phrase qui s'élevait en exergue à l'entrée de l'exposition : « Au moment où notre Patrie, redevenue maîtresse de ses destinées, voit s'ouvrir un avenir, qui, par des chemins difficiles, doit la mener vers des grandeurs nouvelles, il est bon que l'exemple des succès d'hier vienne, dans le domaine radioélectrique comme dans les autres, soutenir et réconforter ceux qui auront demain le grave devoir d'assurer le rayonnement de la pensée et des facultés créatrices de la France. »

Pour juger de l'effort accompli, que le lecteur veuille bien pénétrer avec nous au Palais de la Découverte et gravir le noble escalier à la française qui conduit à l'exposition. Dès l'abord un panneau nous rappelle les grandes dates de vingt-

cinq ans de T. S. F., un autre rassemble un médaillon du général Ferrié et les photographies des présidents de la Société. Mais n'allons pas plus avant sans accepter le catalogue, que nous offre une charmante vendeuse, nous y trouverons le plan de l'exposition et une description très détaillée des divers matériels.

L'ensemble de l'exposition se décompose en huit sections : Télévision, Emission-Réception, Radiodiffusion, Hyperfréquences, Navigation, Electronique, Haute fréquence industrielle et Propagation, réparties autour de la rotonde et du balcon du premier étage du Palais ; la salle qui se trouve actuellement à notre droite étant réservée à l'exposition propre à l'Administration des P. T. T., sous le titre : « Un siècle de télégraphie ».

A la section Télévision, où la foule se presse devant nous, la finesse des images qui nous sont présentées nous fait immédiatement saisir le chemin parcouru depuis la roue de Nipkow, dont un exemplaire est exposé, jusqu'à l'iconoscope ou l'isoscope moderne. Un équipement à 819 lignes fonctionne avec une camera située sur l'avenue Franklin-Roosevelt, devant l'entrée du Palais, et le spectacle de la rue, rendu d'une manière aussi vivante, impressionne visiblement le public. Des récepteurs à 450 lignes retransmettent les programmes de la Tour Eiffel, dont M. Aury, directeur des Services de la Télévision Française, a bien voulu étendre les horaires spécialement pour l'exposition.

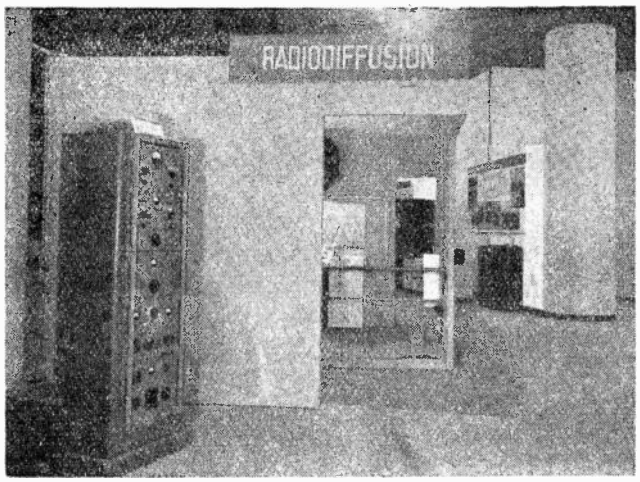
A la section Emission-Réception, nous trouvons tout d'abord deux expériences intéressantes sur la mesure du rapport signal/parasites et l'étude

de la modulation de fréquence résiduelle d'un générateur HF modulé en amplitude. Du côté des matériels, un meuble HF de 2 kw d'un émetteur à bande latérale unique, un récepteur de grand trafic et un émetteur à modulation de fréquence ; plus loin, un circuit oscillant de puissance d'un émetteur de 20 kw attire les regards ainsi que le thermostat géant d'une baie de synchronisation. Le Laboratoire National de Radioélectricité présente un stand sur les mesures de fréquences de haute précision qui donne une haute idée de l'effort français dans ce domaine, et vous offre même la possibilité, si vous avez quelque incertitude sur la marche de votre montre, de la faire examiner au comparateur de fréquences par enregistrement synchrone qui vous indiquera immédiatement son avance ou son retard par 24 heures, en comparant ses battements avec le 1.000 cs. étalon distribué par les Services Téléphoniques de Paris.

Mais ne nous attardons point, d'autant que la Radiodiffusion Française nous fait un peu plus loin l'offre alléchante d'apprécier si notre voix est bien « radiogénique ». Elle présente, en effet, en réduction, un studio de prise de son avec enregistrement magnétique, où chacun peut à volonté faire enregistrer sa voix. Nous trouvons égale-

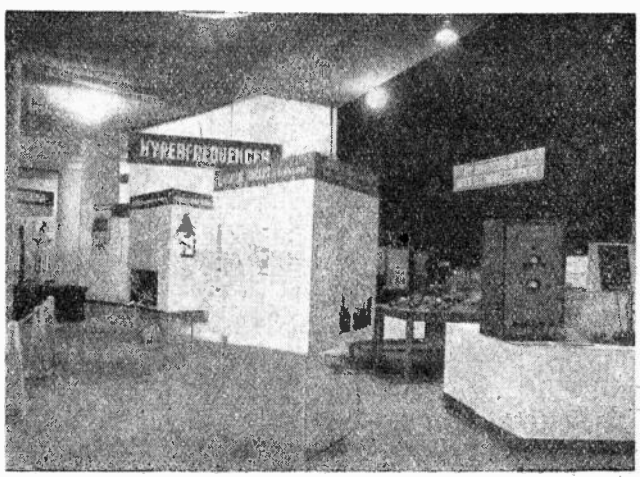
ment à cette section un émetteur de 50 w utilisé par la Radiodiffusion Française pour relayer la chaîne nationale dans les localités mal desservies. Un récepteur à modulation de fréquence, un bâti de préamplificateurs microphoniques et un chariot impressionnant de tubes démontables de 120 kw « porteuse » analogue à ceux qui équipent les émetteurs ondes courtes d'Allouis.

La section hyperfréquences attire manifestement les spécialistes, on y voit même prendre des notes devant les grands panneaux tripodes où les animateurs de cette section ont remarquablement condensé l'évolution et les caractéristiques fondamentales de cette nouvelle technique dont le domaine d'application s'accroît sans cesse, un très grand nombre de tubes spéciaux sont présentés : tubes à modulation de vitesse, magnétrons, tubes à grille positive ; des appareils de mesures pour ondes centimétriques également : ondemètres, Q.-mètre, wattmètre, mesureur de champ, réflectomètre, générateur étalonné, etc...



Dans les équipements, nous remarquons un émetteur avec son aérien en cornet, analogue à celui du câble hertzien « Paris-Montmorency » (30 w sur 20 cm), le public a d'ailleurs la possibilité de téléphoner sur le câble hertzien, au moyen de deux cabines dont les lignes sont connectées directement au Central-Vaugirard sur un bouclage Paris-Montmorency-Paris. Un montage expérimental très intéressant réalisé avec un équipement de reportage de télévision sur 3 cm, permet de comparer la réception directe de l'émission de télévision de la Tour Eiffel et la réception après relais par l'équipement de reportage. Les deux aériens 3 cm étant situés de part et d'autre de la rotonde.

Et maintenant quittons, si vous le voulez bien, la section hyperfréquences, et pour ne point revenir sur nos pas, continuons à tourner autour de la rotonde en traversant une partie de la section d'Astronomie du Palais de la Découverte, nous arriverons à la section Navigation, au milieu de laquelle repose le « clou » de l'exposition sous la forme d'une torpille de 6,50 m de long qui, disons-le en passant, a fait quelques manières avec ses 900 Kgs pour se laisser monter au premier étage ; si cette torpille se présente ici, c'est qu'elle est « acoustique », et les enfants se

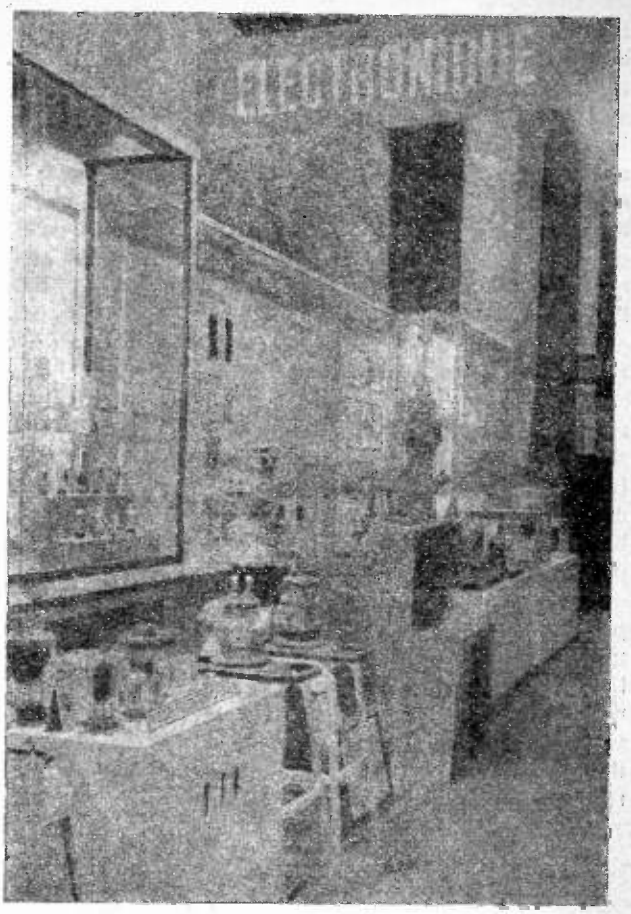


réjouissent énormément de voir leurs parents remonter gravement le moteur du bateau-jouet que l'on déplace devant son nez pour regarder le gouvernail suivre ses mouvements. Des bateaux il n'en manque d'ailleurs point ici, car nous sommes dans la partie de la section préparée par la Marine Nationale. Un certain nombre de matériels et de panneaux retracent l'évolution du radar. Une grande maquette du *Richelieu* nous permet d'apprécier l'importance que prennent les installations radio à bord des bâtiments modernes.

Un peu plus loin, se présente la navigation aérienne avec : radiogoniomètres OM et OTC, radiogoniomètres cathodiques, émetteurs et récepteurs de bord, radiophare, émetteurs fixes, et en particulier un émetteur de 1 Kw à 10 longueurs d'ondes préréglées et télécommandées présenté par le S. T. S.

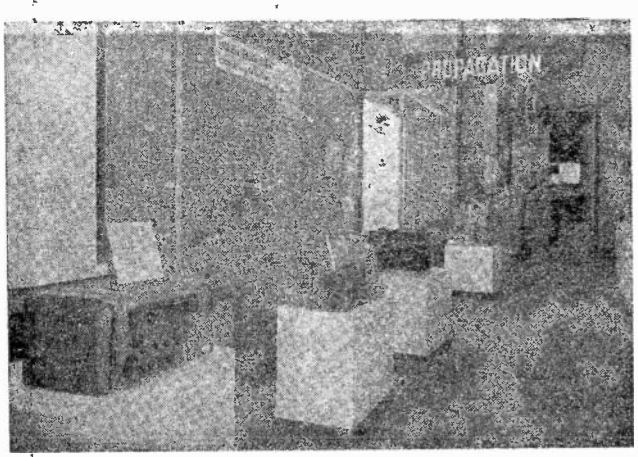
A la section électronique qui succède à la section Navigation, les visiteurs même non connaisseurs sont séduits par la présentation élégante des tubes de toute puissance, derniers nés de la technique. Des tubes de 300 Kw à refroidissement par eau, jusqu'aux tubes « sub-miniature » pour fusées de proximité, le technicien trouve là une lampe pour chaque besoin, tant il est vrai que la technique radioélectrique est conditionnée par la technique électronique.

Trois appareils de laboratoires nous sont présentés : l'hodoscope, pour la détermination des



trajectoires des particules électrisées dans un champ magnétique, une cuve électrolytique pour l'étude de la distribution de potentiels électrostatiques compatibles avec l'existence de conducteurs portés à des potentiels donnés. Enfin un microscope électronique dont la présentation témoigne qu'on a maintenant dans ce domaine dépassé le stade des tâtonnements et qu'il est désormais possible de mettre à la disposition de nos laboratoires ce prodigieux instrument de travail.

Mais continuons notre visite, voici des appareils bien simples pour un radioélectricien : un coffre, deux « perkins », un feu vert, un feu rouge, est-ce là encore de la T.S.F. ?... Nous sommes dans la section « haute fréquence industrielle ». D'abondants panneaux fort bien faits nous expliquent les multiples opérations réalisables avec ces différents fours, soit par chauffage par induction pour la trempe, le brasage, le soudage, la fusion ou le traitement des métaux, soit par pertes diélectriques pour le préchauffage des matières plastiques, la soudure de feuilles thermo-plastiques, le préchauffage de matières réfractaires, le chauffage et la fusion de matières vitreuses, le collage des contreplaqués, la déshydratation, la distillation, etc..., et les exposants font de nombreuses démonstrations, souvent au

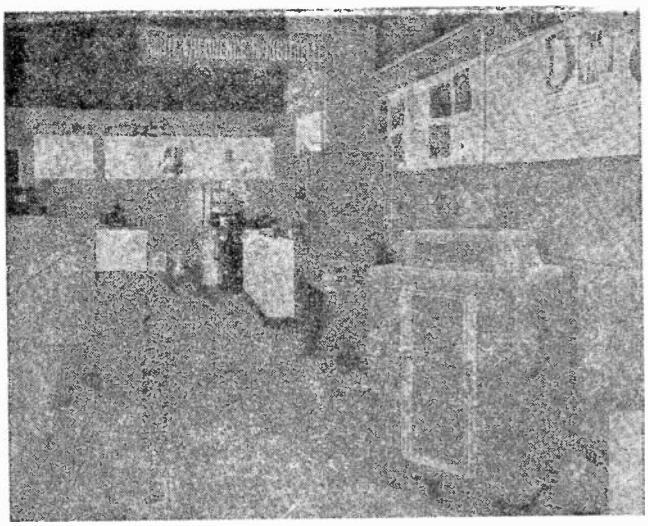


grand chagrin de la section télévision qui constate de bien curieuses moirures sur ses images !

Notons que c'est la première fois qu'est présentée au public français une exposition aussi étendue sur les applications de la haute fréquence à l'industrie.

Nous arrivons enfin à la section « propagation », dont le nom seul est peut-être une énigme aux non-initiés. Des panneaux très clairs tentent cependant de faire saisir le mécanisme des réflections ionosphériques. Notre président, le R. P. Lejay, a réalisé lui-même un montage où l'on reçoit sur un oscillographe les tops des sondages ionosphériques du L.N.R. à Bagneux, l'intervalle entre le signal et l'écho donnant la hauteur virtuelle de la couche réfléchissante.

Le L.N.R. présente également un certain nombre d'appareils pour la détection des parasites,



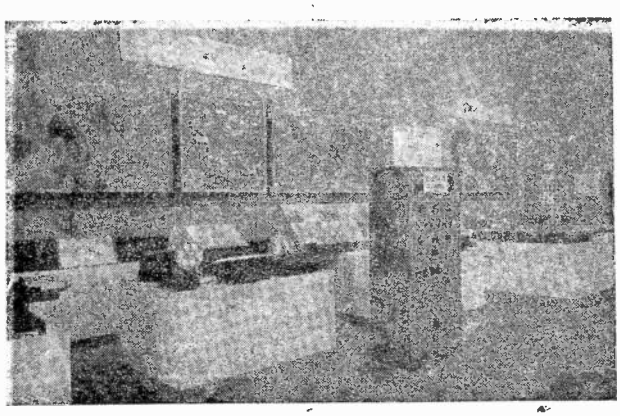
radiogoniomètre à secteur étroit, radiogoniomètre cathodique et enregistreur statistique.

Et nous voici revenu à notre point de départ, devant la salle réservée au centenaire du télégraphe électrique. A l'entrée, un ensemble de panneaux fort harmonieusement disposés retrace les grandes dates du télégraphe électrique depuis l'apparition de l'appareil de Foy et Bréguet en 1844, et montre l'ascension continue du volume du trafic télégraphique.

Un peu plus loin, les « ancêtres » nous sont présentés. Notamment l'appareil de Bréguet, et celui de Morse son contemporain, le Hughes, et enfin le Baudot qui est encore en service sur de nombreuses liaisons.

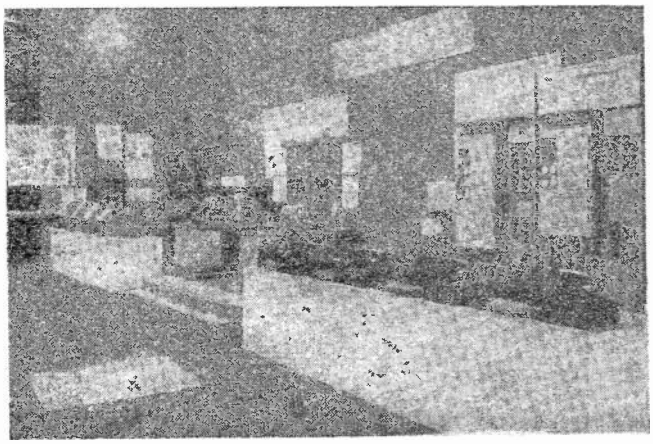
Mais déjà nous sommes attirés par le rythme accéléré d'une transmission radiotélégraphique à grande vitesse qui crée par ses *titi tita* musicaux une ambiance appréciée des reporters de la radiodiffusion. Nous trouvons dans cette salle les trois formes de la télégraphie moderne : télégraphie par voie radio, par voie sous-marine et par voie terrestre.

La Direction des Services radioélectriques de l'Administration des P.T.T. présente en fonctionnement une position de transmission automatique et une position de réception à l'ondulateur de Bureau Central Radiotélégraphique. Au mur trois grands panneaux lumineux nous montrent l'importance considérable du réseau radioélec-



trique français ; ce même service expose une maquette du centre émetteur du Vernet du Groupe radioélectrique du Midi, dont une description complète a été donnée dans le numéro d'août-septembre de l'*Onde Electrique*.

Un peu plus loin, la Direction des Câbles sous-marins expose un certain nombre d'appareils propres à cette technique si particulière : armoire terminale, ligne artificielle, amplificateur, précorrecteur, ainsi que la maquette de l'*Ampère* navire cablier. Enfin, la section technique télégraphe et la S.R.C.T. nous permettent de faire le point de la technique télégraphique française que les efforts de ces dernières années situent au premier plan de la technique internationale : téléimprimeurs à mise en page, meubles de commutation manuelle et automatique, bâti de télégraphie harmonique, correcteurs de signaux, bâti de maintenance, etc... Le tout constitue un ensemble remarquablement homogène étudié pour le réseau général « Télex », dont la mise en place est déjà entreprise par l'Administration des P.T.T., et qui permettra bientôt à deux abonnés quelconques du territoire métropolitain de communiquer directement au téléimprimeur, couronnant ainsi l'effort d'un siècle de télégraphie.



Cette visite rapide et les quelques photographies qui l'illustrent, peuvent difficilement faire apprécier la somme de bonnes volontés et de dévouements qu'il a fallu réunir pour mener à bien dans un délai très court et dans des conditions souvent délicates une aussi téméraire entreprise, le sentiment de faire œuvre utile a soutenu chacun aux heures difficiles ; 36.590 visiteurs en 17 jours d'ouverture, dont 4.850 pour le seul dimanche 10 novembre, sont venus apporter le témoignage que ces efforts n'ont pas été vains.

LES CABLES MODERNES DE TELECOMMUNICATION (1)

PAR

M. R. CHAMNEY,

Ingénieur, Chef de la division des lignes du Post Office britannique

Généralités.

L'étude qui suit a pour but de comparer entre eux les trois types principaux de câbles téléphoniques souterrains.

En raison de l'expérience acquise en Grande-Bretagne, il est maintenant possible de conclure au choix du type de construction qui s'applique le mieux à des conditions d'exploitation déterminées.

A cause de l'étendue du problème, l'étude n'a pu être faite que d'un point de vue très général, et tous les détails ont été laissés de côté.

Une description des câbles coaxiaux a été donnée par M. Deloraine dans le *Bulletin de la Société française des Electriciens* d'octobre 1937.

En Europe, d'autres travaux sur ce sujet ont été publiés, parmi lesquels nous citerons : « Modern systems of multichannel telephony on cables » (Les méthodes modernes de téléphonie multiple sur câbles) par le Col. Sir Stanley Angwin et M. R. A. Mack, ainsi que « The London-Birmingham Coaxial Cable » (Le câble coaxial Londres-Birmingham), par A. H. Mumford (*I. P. O. E. E.*, paper N° 164).

Aux Etats-Unis, un ensemble important d'études sur le système à large bande a été publié par l'*American Telephone and Telegraph Company.*

Historique.

La transmission par conducteurs aériens a été employée dès l'invention du télégraphe électrique par Wheatstone. Des câbles pour la transmission de l'énergie électrique ont été établis à la même époque que les premières usines de production d'énergie électrique. L'établissement de câbles téléphoniques de quelque longueur a été un problème difficile avant la construction de câbles sous papier, en raison de l'importance des pertes par capacité électrostatique.

Heaviside a établi la théorie, puis Pupin a indiqué une méthode pratique permettant d'introduire de l'inductance dans les câbles ; le câble téléphonique d'une longueur de plusieurs centaines de kilomètres est alors devenu une réalité.

La pose d'un câble téléphonique entre Londres et Liverpool a été entreprise voici plus de trente ans. A son achèvement, en 1916, il était le câble téléphonique souterrain le plus important du monde. Les circuits des conducteurs les plus lourds (3 m/m 5 de diamètre) avaient un affaiblissement total de un neper.

A cette période, un tel affaiblissement était considéré comme raisonnable pour une distance de 300 kilomètres ; cependant il n'aurait pas été possible d'utiliser des conducteurs de plus fort diamètre, sans de grandes difficultés.

Les amplificateurs avaient commencé à être employés à cette époque, et, une dizaine d'années plus tard, personne n'aurait accepté une perte de plus de 1 N. pour une longueur quelconque d'un circuit en câble. Environ dix ans plus tard, le Post Office britannique fit construire son premier câble utilisant les courants porteurs à douze voies, et la réussite en fut telle que ce type de câble fut adopté comme type normal pour toutes les artères principales.

Peu de temps après la pose du premier câble à douze voies, on commença des expériences en vue de la fabrication et de la pose du premier câble coaxial. La guerre survint avant l'achèvement du travail expérimental, et l'extension des câbles coaxiaux fut suspendue par le retard dans ce travail expérimental en même temps que par la nécessité de retenir les types normaux de la construction pendant la guerre.

Les câbles coaxiaux constituent maintenant le type normalisé de câbles à longue distance dans le réseau du Post Office britannique.

Types de câbles en service.

Câble à fréquence vocale (Audio). — Le câble téléphonique à fréquence vocale (audio cable), utilisé par toutes les administrations téléphoniques pour leurs lignes principales, comprend des conducteurs de 0 m/m 9 de diamètre séparés par du papier sec lâche et disposés en quartes, quatre fils sous isolant étant câblés entre eux par l'une des deux méthodes qui permettent d'en faire une unité de construction. La charge est réalisée par des bobines Pupin distantes de 1.830 mètres, chaque paire et, s'il y a lieu, le combiné ayant sa bobine particulière.

La ligne chargée par des bobines est un filtre qui, à cause de la capacité entre fils, a une fréquence de

(1) Conférence faite le 26 juin 1946 à l'amphithéâtre du Centre Marcelin-Berthelot devant la Société des Radio-électriciens.

coupure dépendant du taux de l'inductance insérée dans la ligne. Pour les valeurs employées normalement en pratique et en raison de la bande de fréquences transmise sur la ligne selon les règles du C. C. I. F., il a été nécessaire d'intercaler des amplificateurs à des intervalles n'excédant par 70 kilomètres. Il est nécessaire d'employer un amplificateur particulier pour chaque paire ainsi que pour chaque circuit combiné.

Les stations d'amplification ont un encombrement important en raison du grand nombre des amplificateurs individuels, de la présence des tables d'essai, de sources d'énergie, etc. Cependant, de telles stations d'amplification ont été construites dans l'Europe entière, et elles ont permis d'assurer un service satisfaisant. Toutes les villes principales ont été reliées entre elles avec une perte maximum de 1 neper.

Système à douze voies. — La technique des courants porteurs avait été précédemment appliquée avec succès aux lignes aériennes dont l'affaiblissement est peu important ; les amplificateurs à contre-réaction ont permis d'en étendre l'emploi aux câbles souterrains. Ces amplificateurs ont l'avantage de donner un gain très stable, et, en même temps, ils ont un taux d'harmoniques extrêmement faible. Cette dernière caractéristique est essentielle pour l'établissement de lignes à plusieurs voies par un même circuit métallique ou combiné, puisqu'un harmonique dans l'une des voies est susceptible de produire des troubles graves dans les autres bandes de fréquence qui empruntent le même amplificateur.

Les câbles employés pour les circuits à douze voies ont une capacité électrostatique plus faible que ceux qu'on utilise aux fréquences téléphoniques : elle est telle que, avec des conducteurs de 1 m/m 2 de diamètre, l'affaiblissement maximum ne dépasse pas 7,2 nepers entre les stations de répéteurs à une fréquence de 60 kc/s. La diaphonie à l'origine est une difficulté beaucoup plus sérieuse qu'aux fréquences téléphoniques vocales. En conséquence, deux câbles sont employés pour chaque sens de transmission. La diaphonie à l'origine est ainsi supprimée, et la diaphonie d'extrémité est équilibrée au moyen de condensateurs de très faible capacité, et auxquels, dans certains cas particuliers, on ajoute des résistances peu élevées.

Les câbles normalisés en Grande-Bretagne ont 24 paires dans chaque sens, donnant ainsi un total de 288 voies.

Dans ce système, on équipe chaque station de 48 amplificateurs seulement ; ces stations sont distantes de 32 kilomètres. Normalement, elles ne comprennent pas de personnel de surveillance. Les appareils termineurs consistent en un maître oscillateur avec un circuit générateur d'harmoniques donnant à partir du maître-oscillateur les fréquences porteuses, les fréquences des modulateurs et des démodulateurs de chaque voie, et celles des amplificateurs de voies. Les fréquences porteuses sont au nombre de 12 pour chaque paire, elles sont écartées

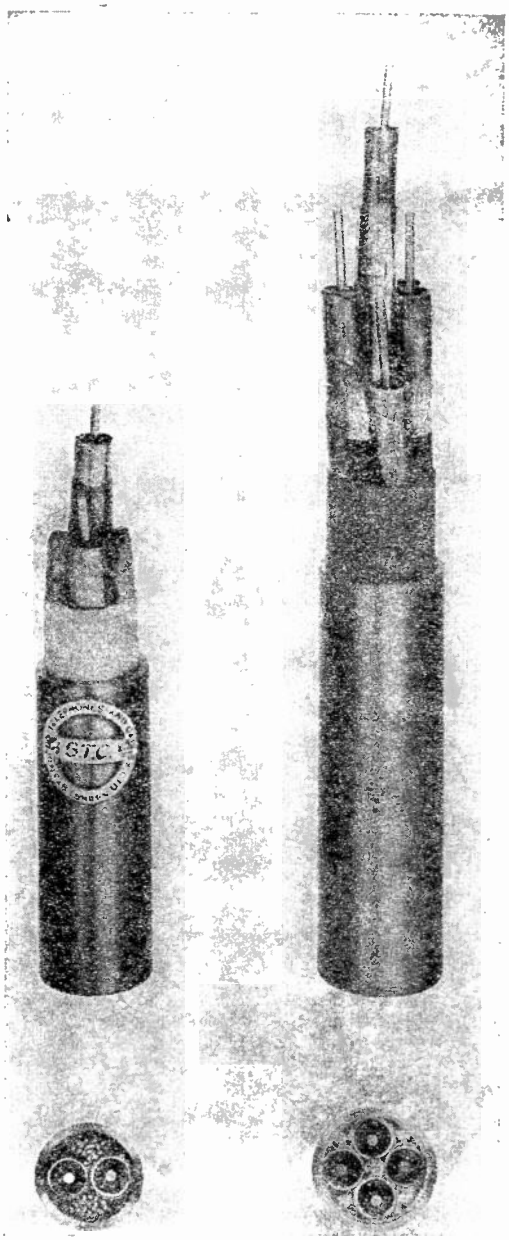


FIG. 1. — Vues photographiques d'un câble de deux tubes coaxiaux et d'un câble de quatre tubes coaxiaux.

de 4 kc/s., la fréquence la plus élevée étant de 60 kc/s.

Quand des artères secondaires sont dérivées du câble principal, on emploie des « bâtis de connexion transversale » (cross connecting frames) munis de câbles sous écrans, qui permettent de faire l'interconnexion directe des groupes de 12 voies, sans qu'il soit nécessaire de ramener chacune d'elles aux fréquences vocales. Ces bâtis sont dits : Group distributing frames, (bâtis de distribution de groupes).

Quand on utilise les systèmes à 12 voies, il ne convient pas d'essayer de mélanger les paires employant les fréquences vocales aux paires des fréquences porteuses. Les difficultés de diaphonie qui en résulteraient seraient très importantes et pourraient dans certains cas empêcher l'usage de certaines voies.

Câbles coaxiaux. — Ce type de construction s'est développé principalement à partir de la technique des radiocommunications. Le type de câble coaxial employé en Grande-Bretagne consiste en un tube de 9 m/m 5 de diamètre, contenant un conducteur de cuivre central de 2 m/m 65 de diamètre, maintenu par des cales d'ébonite. La capacité électrostatique mutuelle d'une telle paire est de 0,05 μf^d/km. Le tube extérieur est recouvert d'un feuillard d'acier, qui lui donne sa résistance mécanique et réduit la diaphonie entre tubes.

Dans la construction normalisée, deux ou quatre tubes sont réunis ensemble pour former un câble. L'espace entre les tubes est rempli de quartes téléphoniques normales, employées pour les circuits de service et d'alarme et permettant de surveiller l'état des organes aux stations intermédiaires. Dans beaucoup de cas on ajoute des quartes téléphoniques sur le noyau coaxial pour assurer des communications à courte distance.

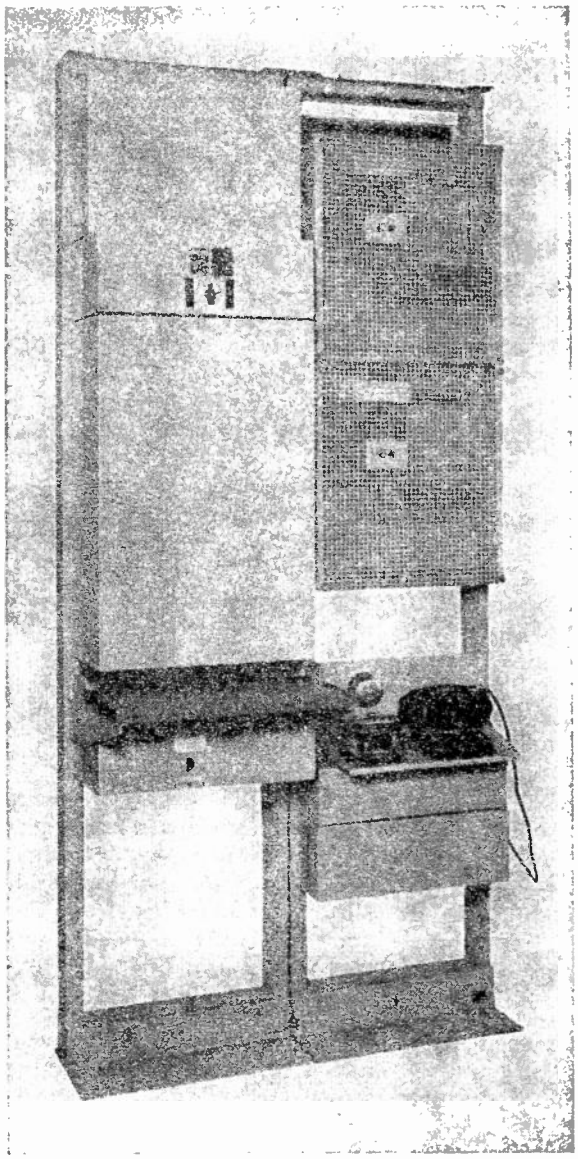


FIG. 1. — Répéteur principal à une station intermédiaire d'alimentation en énergie, couvercle en place.

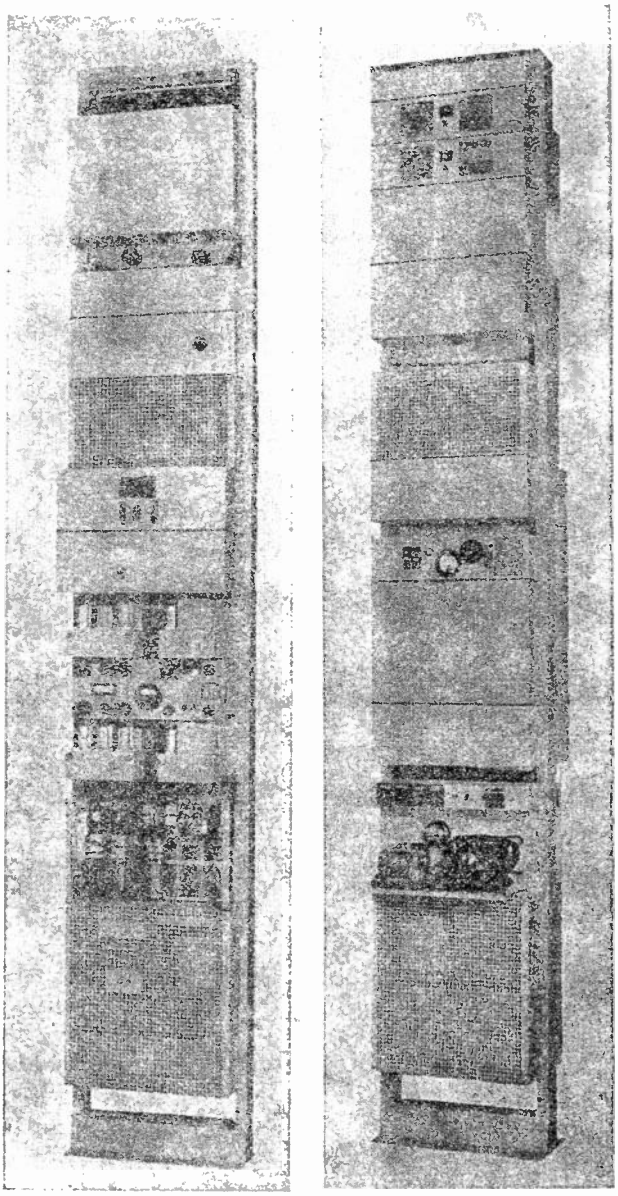


FIG. 2. — Bâti d'amplificateurs de station terminale, avec alimentation en énergie du câble (vue avant).
FIG. 3. — Bâti d'amplificateurs de station terminale, avec alimentation en énergie du câble (vue arrière).

Le nombre des voies qui peuvent être établies par les câbles coaxiaux, tels qu'ils sont employés en Grande-Bretagne, est de 600 par paire de tubes, avec des amplificateurs espacés de 10 kilomètres. La bande des fréquences utilisées est comprise entre 60 et 2.852 kc/s. et l'affaiblissement maximum entre stations de répéteurs est de 0,38 neper par kilomètre.

Puisque 600 voies traversent un seul amplificateur intermédiaire, l'encombrement d'une station de répéteurs est très réduit. Il est possible d'amener la puissance nécessaire aux amplificateurs par le conducteur central, et cela pour plusieurs stations, de chaque côté d'une station d'alimentation en énergie. Ce fait est susceptible d'augmenter l'économie d'encombrement comme de diminuer les frais de maintenance et d'entretien. Suivant la tension maximum qu'il est possible d'appliquer au

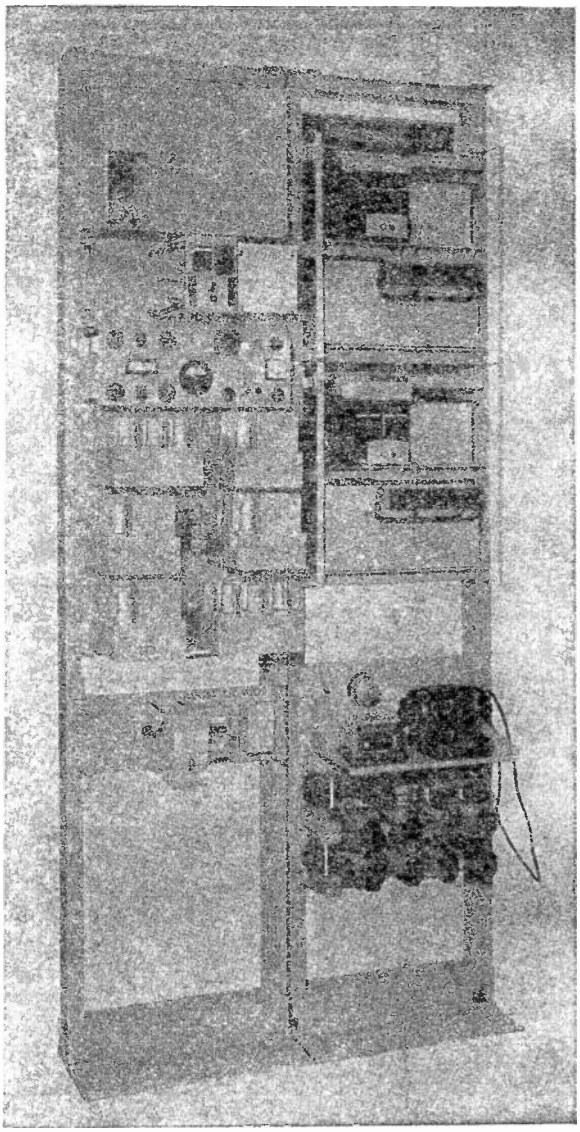


FIG. 5.— Répéteur principal à une station intermédiaire d'alimentation en énergie, couvercle enlevé.

conducteur central et la puissance nécessitée par chaque amplificateur, il est possible d'alimenter un nombre de stations plus ou moins grand. En Grande-Bretagne, avec une tension de 320 volts au conducteur central, il est habituel d'alimenter deux ou trois stations de chaque côté de la station d'énergie. Ces stations d'énergie sont généralement les stations existantes des câbles à 12 voies. On considère que, avec des dispositions convenables, il est possible de couvrir une distance de 100 kilomètres de chaque côté de la station d'énergie. Il serait possible d'augmenter cette distance, si on le jugeait utile, en augmentant la puissance d'alimentation.

Les appareils terminaux pour l'équipement des voies des câbles coaxiaux sont identiques à ceux des câbles à 12 voies. Dans un câble coaxial transmettant une bande de fréquences de 2,85 Mc/s., il est de la plus haute importance que la dérive de la fréquence de chaque voie soit très strictement limitée par un régulateur. A cet effet, il a été reconnu désirable de réunir cinq groupes normaux de 12 voies dits groupes de base (basic groups) dans un ensemble de 60 voies, dit supergroupe (supergroup). Dix supergroupes reçoivent alors leurs fréquences porteuses ; ils sont ensuite réunis à la ligne. Des modulateurs et des démodulateurs, de types convenables, sont installés à cet effet aux extrémités.

Pour qu'il soit possible de faire sortir les circuits du câble en un point déterminé, il est nécessaire de réduire en ce point la bande des fréquences transmise à celle des groupes de bases. On étudie actuellement des filtres de supergroupes permettant d'obvier à cette difficulté, mais les études n'ont pas encore abouti. La difficulté est seulement due à la dispersion (spread) dans les filtres, de sorte que, après emploi de plusieurs filtres en série, il se produit une tendance à la diminution de la qualité de quelques voies à l'extrémité de la bande de chaque supergroupe. On espère que le travail maintenant près d'être achevé permettra de réaliser dans l'avenir des filtres satisfaisants.

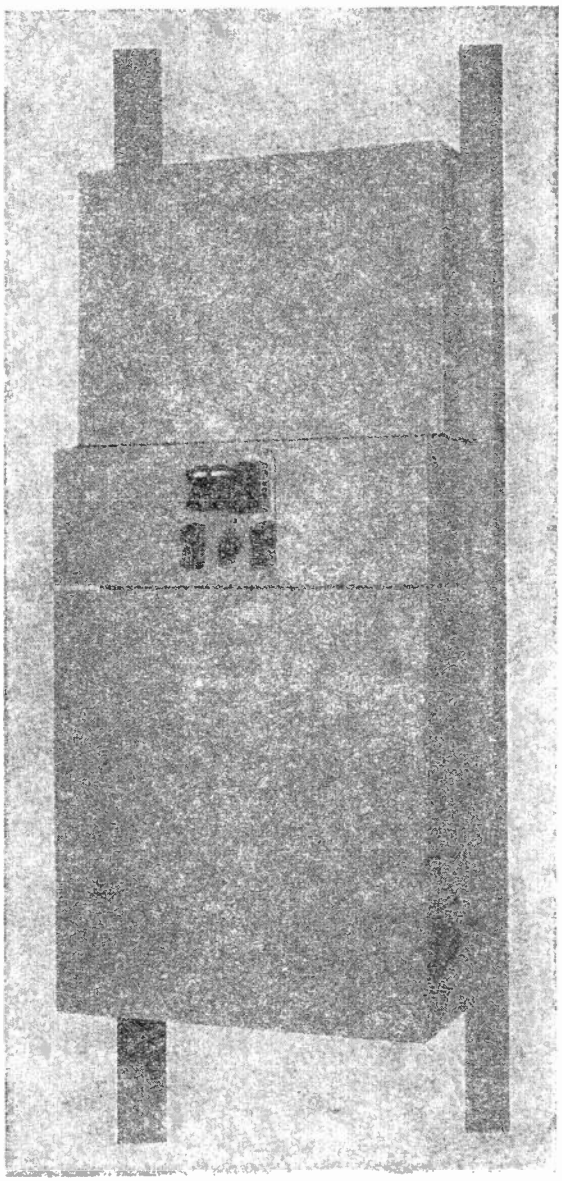


FIG. 6. — Répéteur intermédiaire.

Comparaison des divers types de câbles.

Les trois types de câbles peuvent être comparés de la manière suivante. Posons que, sur une ligne déterminée, il soit nécessaire d'établir 500 à 600 circuits.

Ce nombre de circuits peut être obtenu par deux câbles de 540 paires, exploitées aux fréquences vocales, qui donnent un total de 540 circuits à quatre fils. Deux paires de câbles à 12 voies donnent 576 circuits à quatre fils. Un câble contenant deux tubes coaxiaux donne 600 circuits à quatre fils.

Le tableau I a été établi de manière à mettre en regard l'ensemble de l'équipement pour chaque type de construction. Les chiffres des trois dernières colonnes sont des nombres relatifs mais non rigoureusement exacts. Ils donnent le nombre des amplificateurs et la superficie des bâtiments pour une longueur de ligne de 70 kilomètres.

Tableau I

Type	Cable non armé	Distance des stations	Nombre d'amplificateurs par station	Nombre des amplificateurs par 70 km.	Superficie des batiments
Fréquence vocale	Deux 8 cm. 2	70 km.	1.080	1.080	65 mq.
Fréquence porteuse	Quatre 3 cm. 1	32 km.	96	210	29 mq. 5
Coaxial	Un 3 cm. 1	10 km.	2	14	9 mq. 3

Ce tableau montre clairement les avantages qui résultent de l'augmentation de la largeur de la bande transmise. La diminution du diamètre du câble achevé a pour conséquence une économie de matière, de main-d'œuvre, et de frais de pose. La réduction importante du nombre des amplificateurs met en évidence l'économie de matériaux bruts, de frais de bâtiments, d'énergie, ainsi que celle des frais de maintenance et d'entretien.

Le prix des bâtis de termineurs et des bâtis d'appareils intermédiaires employés pour les circuits à fréquences porteuses dépend de l'importance de l'installation ainsi que du rapport du nombre des bâtis employés pour l'équipement commun à toute la ligne, au nombre des bâtis employés pour les lignes particulières.

En général, on peut admettre, pour une première estimation du prix de revient, qu'un bâti pour un câble à fréquence porteuse, coûte entre deux et trois fois le prix d'un bâti de répéteurs de fréquence vocale.

Comparaison des prix.

Il y a quelque difficulté à essayer d'établir les prix dans un pays déterminé, en fonction des prix dans un autre pays. Il intervient beaucoup de facteurs, par eux-mêmes complexes et divers. Il convient de faire entrer en ligne de compte le prix et la qualité des matériaux bruts, le prix de la main-d'œuvre ainsi que le coût de la vie, le type de construction, le prix des bâtiments et les frais d'installation, la capacité de travail des usines et la régularité de la fabrication. Il y a en outre des difficultés dont il faut tenir compte, par exemple l'état des régions traversées, et, en Grande-Bretagne tout particulièrement, l'encombrement des routes que suit le câble ainsi que les frais énormes de réfection de la chaussée et des pavages après la pose du câble.

La méthode la plus simple est peut-être de prendre comme donnée le coût, dans tout pays, de l'établissement de 540 circuits à quatre fils au moyen de deux câbles de fréquences vocales. C'est une quantité connue de toutes les administrations.

Deux paires de câbles à fréquences porteuses équivalent au tiers de ce prix. Un câble coaxial de deux tubes serait équivalent au huitième et un câble à quatre tubes au huitième de ce prix.

Prenant comme donnée pour le prix des appareils le bâti d'amplificateurs de fréquence téléphonique, il est possible de fixer le coût approximatif des installations de téléphonie multiplex à 12 voies ainsi que celui des installations de câbles coaxiaux.

A partir de ces chiffres et en utilisant le tableau 4, il est possible de faire une comparaison des charges de capital pour ces divers systèmes.

Pour obtenir une base de comparaison véritable, il est nécessaire de déduire de ces résultats les charges annuelles de capital. Il est très difficile de donner dans cette étude des chiffres admissibles. Les facteurs inconnus sont le taux de l'intérêt auquel le capital pourra être rémunéré, le taux de dépréciation et les frais d'entretien.

Nous pensons avoir donné suffisamment d'indications pour permettre à tous ceux que la question intéresse d'établir des comparaisons qui soient

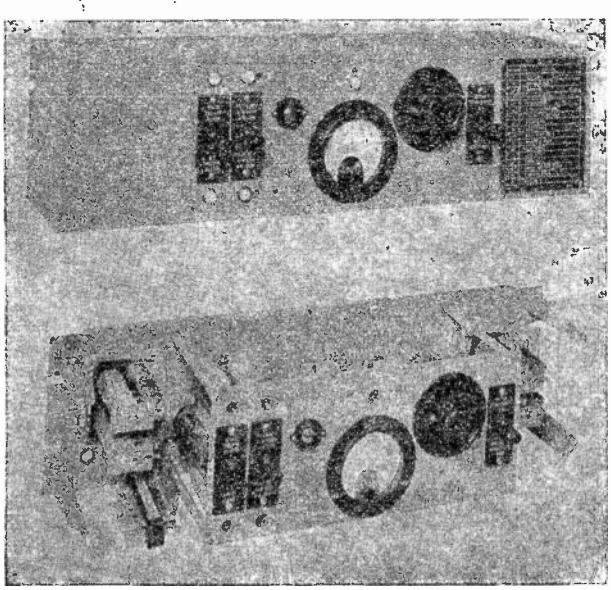
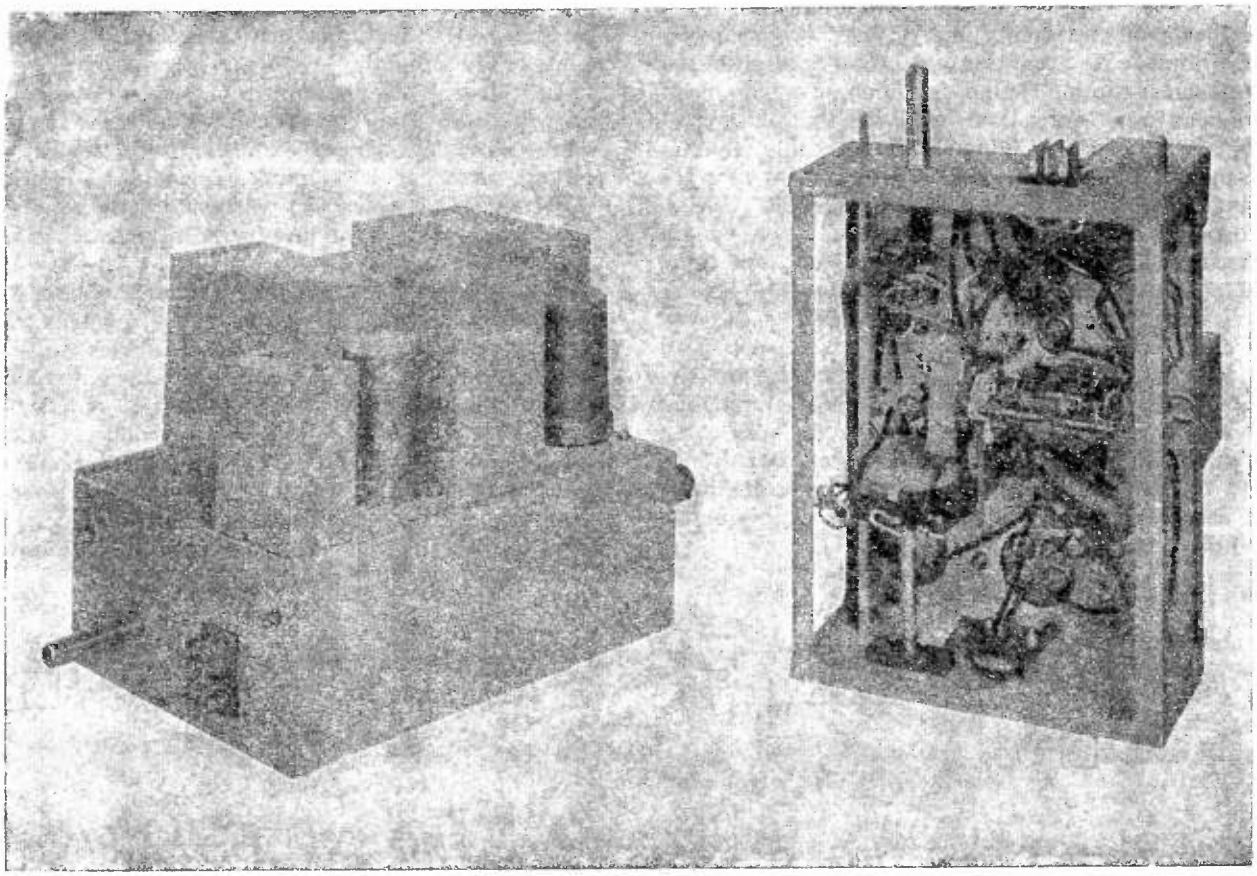


Fig. 7. — Panneau de signalisation et de localisation.



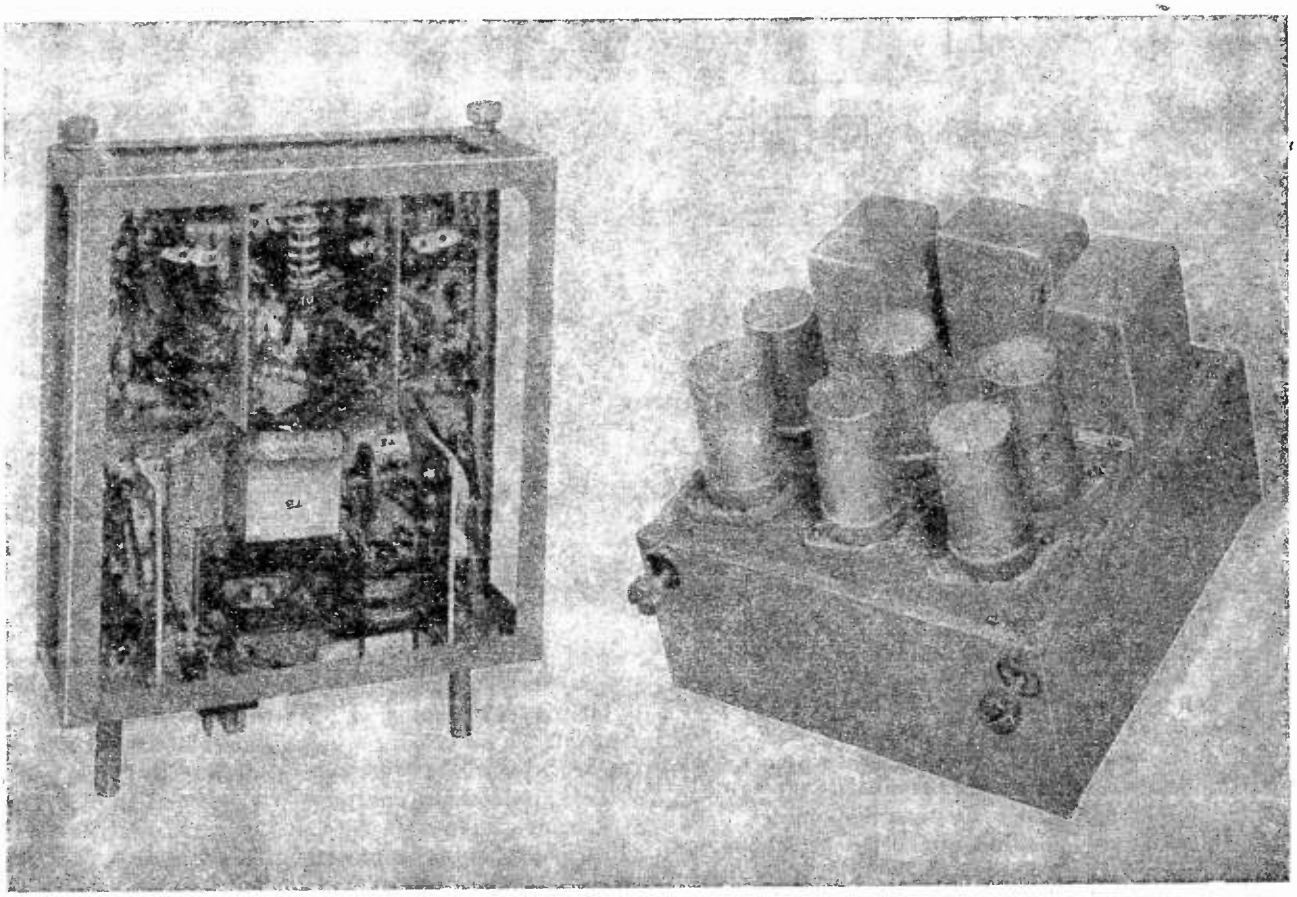


FIG. 8. — Panneau d'amplificateurs d'un câble coaxial.
FIG. 9. — Panneau du stabilisateur coaxial réglé.

valables pour les conditions de leur propre pays.

Le nombre de circuits qui a été adopté ci-dessus a été choisi comme type d'une ligne principale relativement importante. Pour une ligne d'un plus grand nombre de circuits, l'avantage du câble coaxial augmente. Pour un nombre de circuits moindre il est moins avantageux d'utiliser un câble coaxial, mais on peut dire avec sécurité qu'il y a encore avantage d'adopter le câble coaxial pour une ligne de 180 circuits. Dans certains cas, on peut encore atteindre de bonnes conditions économiques avec un câble coaxial de 120 circuits. Ce sera le cas s'il est nécessaire d'utiliser un grand nombre de circuits de courte longueur pour le service local, puisque les coaxiaux n'occupent au centre d'un gros câble qu'une faible place. Un équipement de quatre tubes peut être établi avec seulement une perte de 20 % du nombre des quartes à quatre fils de fréquence audible.

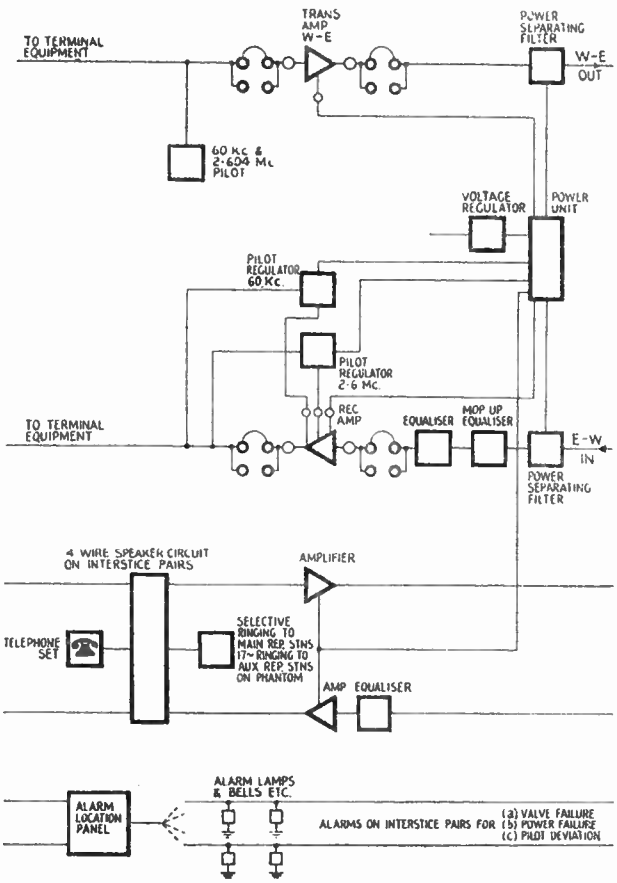

TO TERMINAL EQUIPMENT
TRANS AMP W-E
POWER SEPARATING FILTER
W-E OUT
60 Kc & 2·604 Mc PILOT
VOLTAGE REGULATOR
POWER UNIT
PILOT REGULATOR 60 Kc.
PILOT REGULATOR 2·6 Mc.
REC. AMP
EQUALISER
MOP UP EQUALISER
E-W IN
TO TERMINAL EQUIPMENT
POWER SEPARATING FILTER
4 WIRE SPEAKER CIRCUIT ON INTERSTICE PAIRS
AMPLIFIER
TELEPHONE SET
SELECTIVE RINGING TO MAIN REP STNS 17~ RINGING TO AUX REP STNS ON PHANTOM
AMP EQUALISER
ALARM LAMPS & BELLS ETC.
ALARM LOCATION PANEL
ALARMS ON INTERSTICE PAIRS FOR (a) VALVE FAILURE (b) POWER FAILURE (c) PILOT DEVIATION

FIG. 10. — Bâti terminal d'amplificateur. Schéma des circuits.

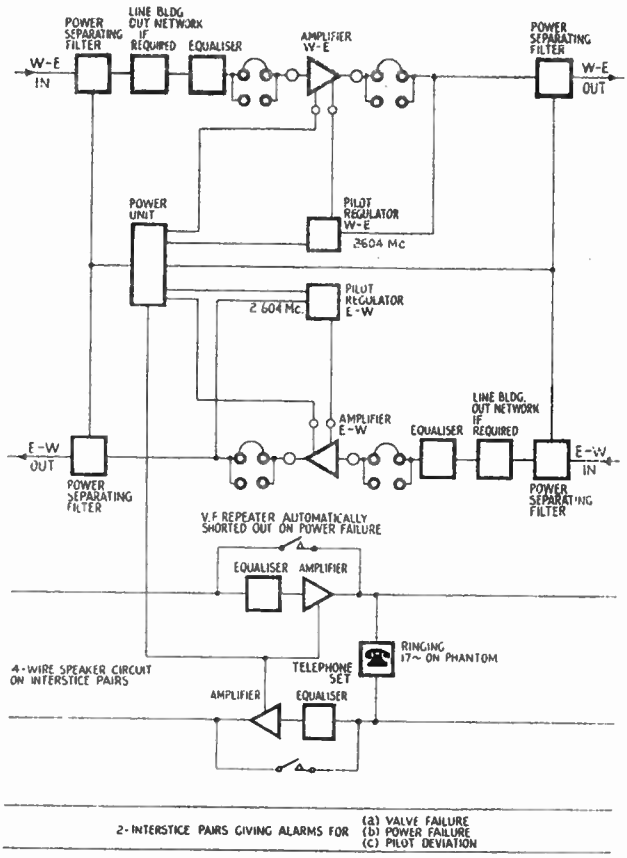


FIG. 11. — Station principale de répéteurs. Schémas des circuits.

Services subsidiaires.

Ils comprennent la télégraphie aux fréquences acoustiques et la télévision, et quand on les désigne ainsi, on ne prétend pas dire que ces services sont peu importants, mais on rappelle qu'ils n'occupent qu'une faible partie des circuits disponibles dans les câbles. Il est possible que cette remarque ne s'applique pas dans l'avenir à la télévision, comparée à la téléphonie dans les tubes coaxiaux.

La télégraphie est exécutée maintenant au moyen de paires téléphoniques ordinaires, elle occupe au plus 2 % d'une ligne principale.

Les circuits de radiodiffusion étaient constitués autrefois par des paires spéciales sous écran dans les câbles pour fréquences audibles. Actuellement, en Grande-Bretagne, les combinés des câbles à courants porteurs à 12 voies ont été munis de répéteurs spéciaux, qui donnent une bande de fréquence tout à fait satisfaisante.

Il n'est pas désirable d'élargir une bande dans un câble à courant porteur en réunissant deux voies de conversation. C'est un procédé coûteux, qui ne donne pas de bons résultats. Dans un coaxial, il peut être désirable de spécialiser à cet effet un groupe de base à 12 voies. La télévision est encore dans l'enfance et il est possible que les largeurs de bande qu'elle utilise subissent plusieurs modifications dans l'avenir. Des exigences nouvelles peuvent être nécessaires si on adopte une définition plus fine, des écrans plus étendus, des images en couleurs ou des vues stéréoscopiques. Les irrégularités d'impédance et les problèmes de changement de phase ont donné quelque anxiété à ceux qui ont établi les projets de câbles coaxiaux. Le type actuel de câble coaxial permet la transmission à grande distance d'images de 405 lignes, satisfaisantes du point de vue commercial. En vue de ce développement futur, il ne fait pas de doute qu'il interviendra des améliorations dans les caractéristiques des lignes ; les câbles actuels donneraient satis-

faction pour des transmissions Paris-Londres, mais il est probable que l'on désirera bientôt des transmissions de meilleure qualité.

Tendances modernes.

En Grande-Bretagne, le réseau comprend trois grandes catégories de lignes :

a) « Trunk lines » (Artères principales) ;

b) « Minor trunk lines or Toll lines » (Artères mineures ou lignes interurbaines) ;

c) « Junction and Subscribers lines » (lignes auxiliaires et lignes des abonnés).

Ces dernières lignes sont en dehors de l'objet de cette étude.

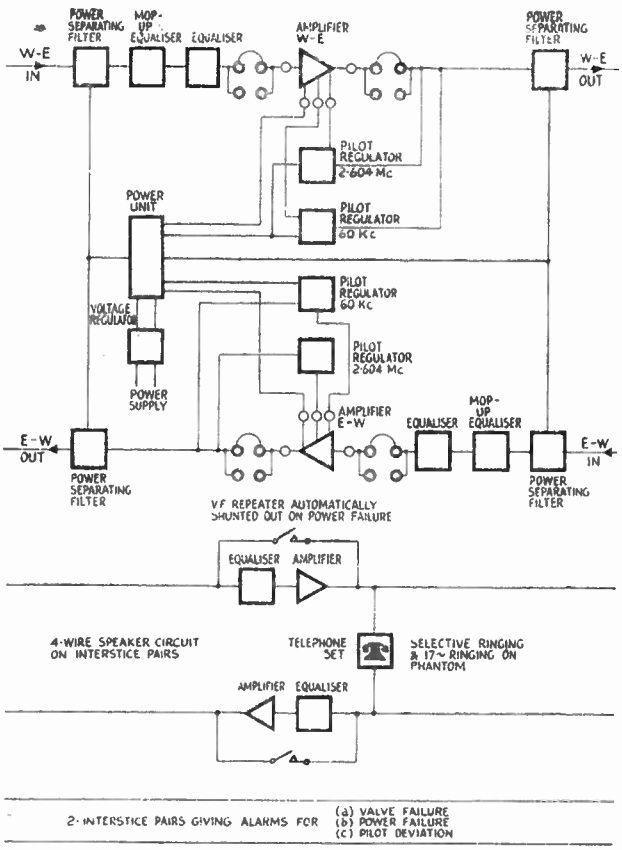


FIG. 12. — Station auxiliaire de répéteur. Schémas des circuits.

Les « trunk lines » sont équipées par les moyens les plus modernes. Le réseau moins moderne ou désuet est divisé graduellement en sections plus courtes, et il est utilisé pour le service interurbain à plus courte distance. Cette manière de faire est probablement adoptée dans d'autres pays. Il y a cependant une limite à l'emploi de cette méthode et, par suite, il arrive que de nombreuses lignes interurbaines à courte distance doivent être construites de toutes pièces ; elles sont généralement à fréquences vocales.

Il y a dix ans environ, les circuits à 12 voies étaient le type normal de construction pour toutes les artères principales ou fondamentales dans le réseau couvrant la contrée tout entière, de sorte que les grandes villes lui sont maintenant reliées. Pendant les dernières années, le câble coaxial est

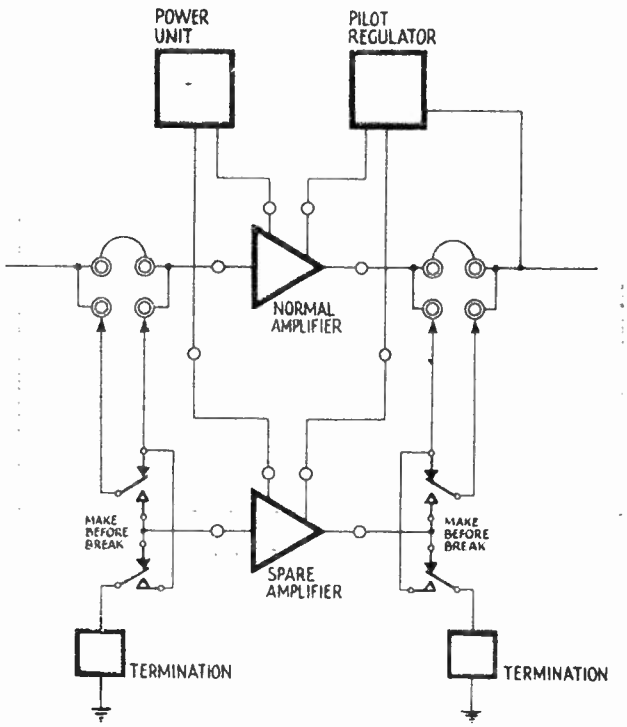


FIG. 13.

devenu à son tour le type normal de construction et maintenant il couvre une grande partie du pays ; les circuits à 12 voies ne sont plus utilisés pour l'établissement des lignes nouvelles.

Pendant la guerre, il a été fait des recherches pour porter à 24 voies les lignes actuellement à 12 voies. Ceci a été reconnu possible, en même temps que satisfaisant du point de vue économique, en raison de l'existence préalable des circuits à 12 voies. L'évaluation des frais de premier établissement et d'entretien a montré qu'une extension à 36 voies aurait été possible du point de vue économique, mais qu'il n'était pas désirable d'envisager une extension plus importante. Certains câbles ont été modifiés et sont utilisés pour des circuits à 24 voies.

FIG. 14. — Station répéteur coaxial. Vue avant.

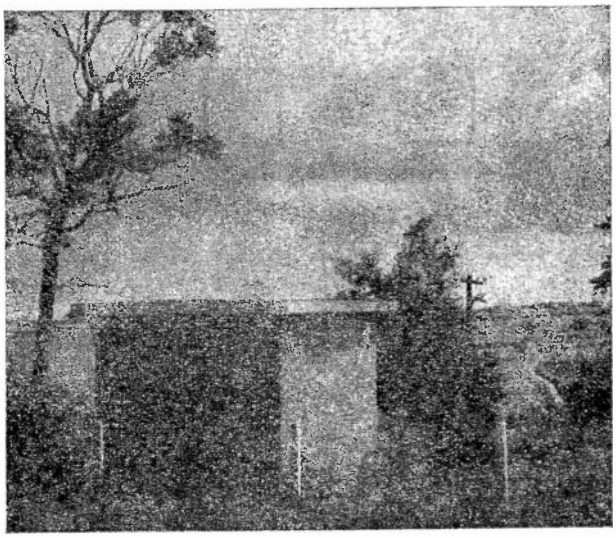


FIG. 15. — Station répéteur coaxial. Vue arrière.

Le nombre des voies qu'il est possible d'utiliser dans les câbles coaxiaux dépend principalement de la distance entre stations d'amplification. La distance normalisée de 10 kilomètres dans les câbles coaxiaux a été adoptée en raison de l'importance numérique des groupes de communications que l'on désire acheminer par une paire de tubes. Comme le temps marche et que les câbles permettent maintenant d'assurer le service par des voies de secours dans le cas d'une rupture des communications, et quand l'importance du trafic le rend nécessaire le nombre des voies par paire de tubes pourrait être plus que doublé si l'on réduisait de moitié la distance entre stations d'amplification.

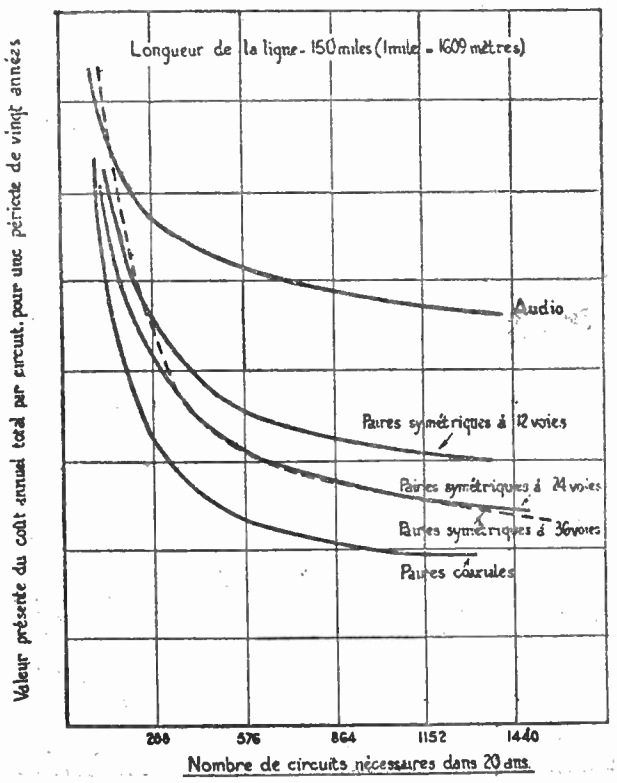

Longueur de la ligne - 150 miles (1 mile = 1609 mètres)
Audio
Paires symétriques à 12 voies
Paires symétriques à 24 voies
Paires symétriques à 36 voies
Paires coaxiales
Valeur présente du coût annuel total par circuit, pour une période de vingt années
288
576
864
1152
1440
Nombre de circuits nécessaires dans 20 ans.

FIG. 16. — Coût annuel total des circuits à grandes distances.

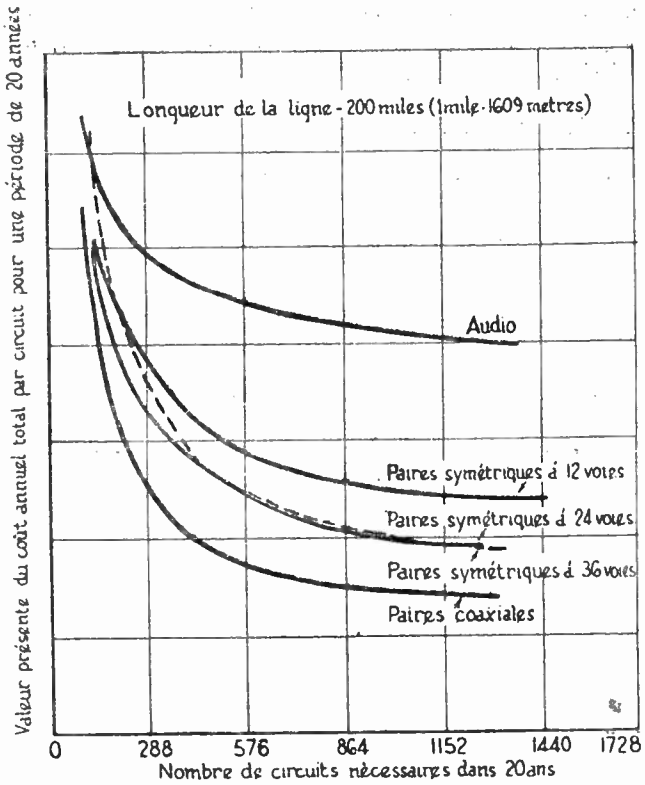


FIG. 17. — Coût annuel total des circuits à grandes distances.

Si la technique des câbles coaxiaux avait été suffisamment avancée quand la guerre a éclaté, le type de câbles à 12 voies aurait été abandonné pour des raisons financières.

Les courants porteurs obligent à employer des courants de fréquences musicales pour la signalisation et la transmission des impulsions des disques d'appel. L'appareillage est plus encombrant et plus coûteux que celui que l'on utilise pour les câbles courts, exploités aux fréquences vocales ; il faut en tenir compte pour évaluer la distance à laquelle il est économique d'employer les courants porteurs.

En Grande-Bretagne, l'emploi des câbles coaxiaux est économique jusqu'à des distances de 70 kilomètres ; mais s'il est nécessaire d'utiliser la signalisation par deux fréquences vocales, la limite s'élève à 120 kilomètres.

Il faut toujours se rappeler qu'une artère principale ne doit pas être considérée pour elle-même, mais comme une partie du réseau national. Plusieurs sections utilisent le système à large bande parce qu'elles sont dans les limites mentionnées ci-dessus étant donné qu'elles servent à établir l'interconnexion entre des éléments d'un réseau plus étendu. Il est particulièrement important de faire le plan du réseau national ainsi que celui du réseau international, de manière à obtenir l'uniformité du programme à la fois du point de vue de la construction, de l'entretien et de la maintenance.

C'est maintenant une pratique courante d'utiliser les câbles coaxiaux pour établir des sections de lignes courtes qui doivent être étendues dans la suite. Il a déjà été établi que quatre tubes n'occupent qu'un faible pourcentage de la capacité totale d'un câble exploité aux fréquences audibles. On a la

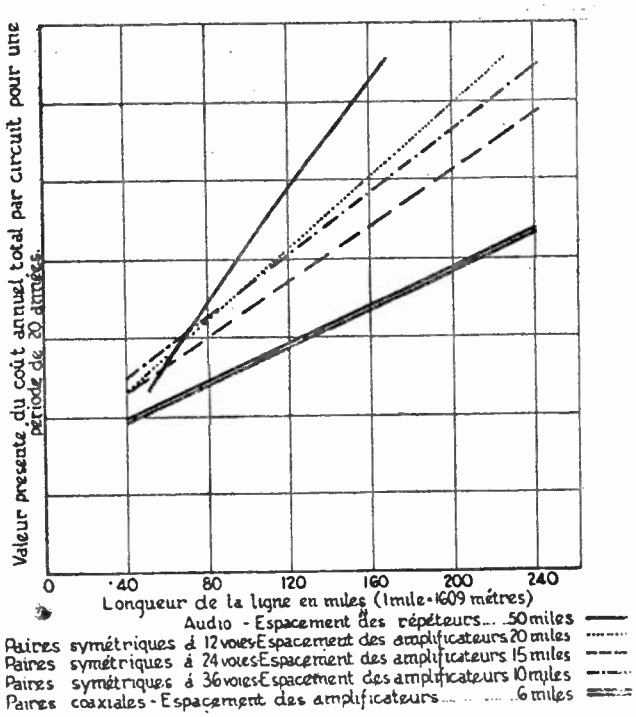

Valeur présente du coût annuel total par circuit pour une période de 20 années.
0 40 80 120 160 200 240
Longueur de la ligne en miles (1 mile = 1609 mètres)
Audio - Espacement des répéteurs ... 50 miles
Paires symétriques à 12 voies Espacement des amplificateurs 20 miles
Paires symétriques à 24 voies Espacement des amplificateurs 15 miles
Paires symétriques à 36 voies Espacement des amplificateurs 10 miles
Paires coaxiales - Espacement des amplificateurs ... 6 miles

FIG. 18. — Extension du réseau. — 288 circuits en 20 années.

certitude d'avoir à étendre le câble avant que sa capacité totale ne soit utilisée, et par suite, l'extension des tubes coaxiaux donne une large capacité de circuits à la distance la plus longue sans perte de circuits pendant le début de la vie de la première section et avec une augmentation relativement faible des frais de premier établissement.

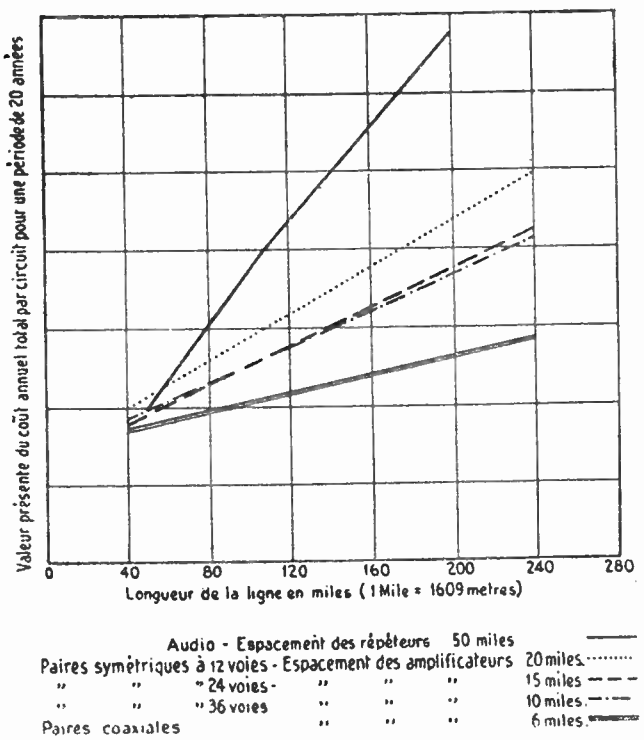

Valeur présente du coût annuel total par circuit pour une période de 20 années
0 40 80 120 160 200 240 280
Longueur de la ligne en miles (1 Mile = 1609 metres)
Audio - Espacement des répéteurs 50 miles
Paires symétriques à 12 voies - Espacement des amplificateurs 20 miles
" " " 24 voies - " " " 15 miles
" " " 36 voies " " " 10 miles
Paires coaxiales " " " 6 miles

FIG. 19. — Extension du réseau. — 576 circuits en 20 années.

Statistiques des circuits.

Il est intéressant de noter le nombre total des circuits téléphoniques du réseau des artères principales et des lignes interurbaines de Grande-Bretagne.

Les câbles à fréquences vocales, où l'on utilise les amplificateurs, sont exploités par des circuits à quatre fils. Ce type de circuits est maintenant d'un emploi général. La longueur totale des circuits de ces câbles est de 1,8 millions de milles (1). La longueur des lignes est de 25.800 milles.

Les câbles à 12 voies ont une longueur totale de 6.300 milles ; la longueur totale des circuits est de 0,9 millions de milles.

La longueur des câbles coaxiaux existants est de 345 milles de câbles à quatre tubes, de 580 milles

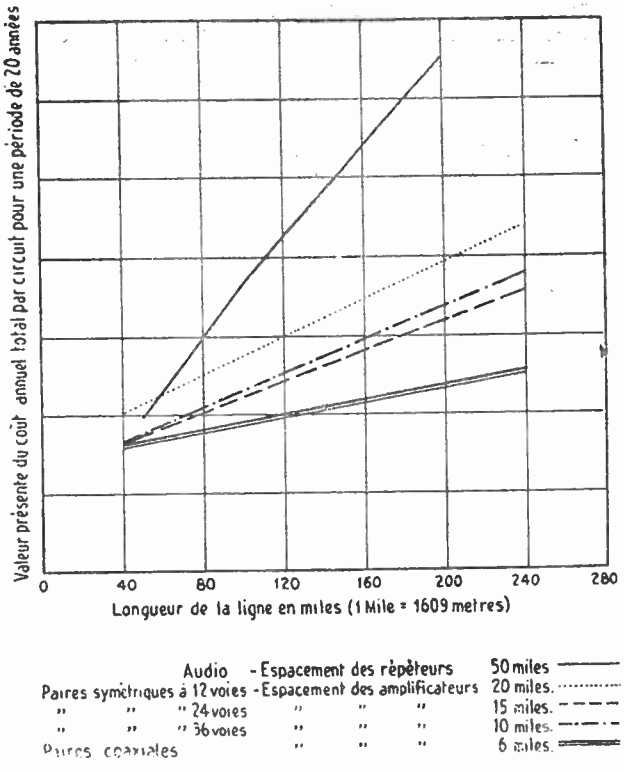

Valeur présente du coût annuel total par circuit pour une période de 20 années
0 40 80 120 160 200 240 280
Longueur de la ligne en miles (1 Mile = 1609 metres)
Audio - Espacement des répéteurs 50 miles
Paires symétriques à 12 voies - Espacement des amplificateurs 20 miles.
" " " 24 voies " " " 15 miles.
" " " 36 voies " " " 10 miles.
Paires coaxiales " " " 6 miles.

FIG. 20. — Extension du réseau. — 864 circuits en 20 années.

de câbles à deux tubes et de 255 milles de câbles à un seul tube. La longueur totale des circuits de ces câbles est de 0,94 millions de milles au total.

Dans l'état actuel du réseau, une moitié des communications téléphoniques est portée par les anciens câbles de fréquences vocales, l'autre moitié étant répartie également entre les deux types de câbles à large bande.

Les circuits dont il a été tenu compte dans ces statistiques sont ceux dont la longueur dépasse 25 milles ou 40 kilomètres.

Il convient de noter un fait remarquable. Au moyen d'un type déterminé de construction, l'extension du réseau se fait d'autant plus rapidement que la bande des fréquences transmise est plus large. Les câbles de fréquences vocales ont été construits dans une période de trente ans environ ; en moins

(1) Le mille britannique équivaut à 1.609 mètres (N. du T.)

de douze ans les câbles à 12 voies ont donné une augmentation de 50 % du nombre des circuits disponibles et les câbles coaxiaux ont donné en cinq ans un nombre équivalent de circuits.

TABLEAU II

TYPE DE CABLES	LONGUEUR TOTALE	LONGUEUR TOTALE DES CIRCUITS	LONGUEUR DES CIRCUITS CONTENUS DANS UN MILLE DE CABLES
	(milles)	(milles)	(milles)
Audio	25.800	1,8 millions	70
Porteurs	6.300	0,9 millions	144
Coaxiaux	1.180	0,94 millions	800

Les chiffres de la dernière colonne montrent que le câble de moyenne dimension, du type vocal, contient 140 paires. En raison de la combinaison des câbles coaxiaux en deux ou quatre tubes, le nombre des circuits est de 600 ou un multiple de 600.

Conclusion.

L'auteur adresse l'expression de sa reconnaissance à M. l'Engineer in Chief du General Post Office, qui l'a autorisé à publier cette étude, et ses remerciements à la Compagnie « Standard Telephone and Cables » qui lui a communiqué les photographies et les schémas des appareils de sa fabrication.

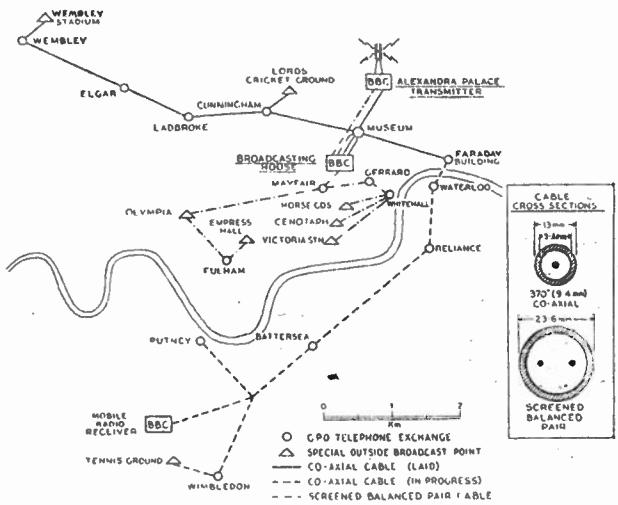


FIG. 21. — Réseau des câbles de télévision. — Londres 1946.

LES PROJECTEURS D'ONDES CENTIMÉTRIQUES

PAR

HENRI GUTTON

Laboratoire de recherches physiques de la Compagnie Générale de T. S. F.

SOMMAIRE

Les applications des ondes centimétriques sont dues à la possibilité d'obtenir des faisceaux de grande directivité au moyen de projecteurs de petite dimension. Grâce au gain élevé de ces projecteurs, des communications lointaines et sûres sont possibles avec des puissances émises de quelques watts.

La grande directivité des projecteurs est utilisée pour faire des mesures de direction précises. En particulier, les radars d'artillerie fonctionnant avec des ondes centimétriques permettent de connaître la direction du but à quelques minutes d'angle près. Trois procédés sont utilisés pour diriger les ondes centimétriques :

Le premier utilise des *cornets électromagnétiques* dans lesquels l'onde émise est guidée vers une embouchure à l'intérieur d'une surface conductrice de forme conique. Ces appareils se rapprochent, comme conception, des cornets acoustiques ;

Le second utilise des *miroirs réflecteurs* aux foyers desquels se trouvent placées les sources émettrices. L'optique géométrique permet de calculer la direction de plus grande directivité ;

Le troisième se rapproche de la technique des antennes, il n'a pas d'analogue en optique ou en acoustique, il utilise des bâtons en substance diélectrique orientés dans le sens de la propagation. Ces *antennes diélectriques* ont été employées par les Allemands pendant la guerre.

Ces trois procédés tendent à former dans l'espace un élément d'onde plane limité. Les propriétés directives des projecteurs sont dues à la diffraction de cet élément d'onde dans l'espace libre.

Qualités d'un projecteur d'onde.

1° Le *gain* peut être défini comme le rapport du flux d'énergie radié dans la direction la plus favorisée au flux de l'énergie radiée dans une direction par une source de même puissance rayonnant également dans tout l'espace. Le gain s'exprime en décibels.

Un doublet demi-onde a un gain de 2,12 décibels. Le gain est fonction des dimensions du projecteur, la qualité peut s'exprimer par le rapport du gain à l'encombrement de l'aérien.

2° La *forme* du diagramme de rayonnement dépend des dimensions de l'ouverture et de la distribution du champ électrique en chaque point de l'ouverture. L'absence de feuille latérale est une des qualités recherchées.

Calcul d'un projecteur d'onde.

Les calculs de rayonnement des projecteurs sont une application du principe d'Huyghens. L'émission est remplacée par une infinité de sources fictives disposées sur la surface de l'ouverture. Le champ produit à grande distance résulte de l'intégration du champ produit par chacune des sources secondaires. Cette méthode est utilisée pour le calcul de la diffraction d'une onde lumineuse en optique physique.

La méthode théoriquement la plus rigoureuse est due à Kottler, elle a été très clairement développée dans le livre de Louis de Broglie sur la propagation guidée des ondes électromagnétiques (1).

(1) Louis de BROGLIE. « Problèmes de propagations guidées des ondes électromagnétiques » (Gauthier Villars).

Les sources fictives sont définies de telle sorte que le champ diffracté par l'ouverture satisfasse aux équations de Maxwell. Les vecteurs électriques $\vec{E}(P)$ et magnétiques $\vec{H}(P)$ en un point P éloigné de l'ouverture (fig. 1) sont calculés en fonction des grandeurs des vecteurs électriques $\vec{E}$ et magnétiques $\vec{H}$ en un point M de l'ouverture de surface S limitée par le contour C :

$$4\pi\vec{E}(P) = \frac{1}{ik}\int_C \overrightarrow{\text{grad}}\,\psi\,(\vec{H}.\vec{ds}) + \int_C \psi\left[\vec{E}\times\vec{ds}\right] + \iint_S \left(\psi\frac{\partial\vec{E}}{\partial n} - \vec{E}\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)d\sigma$$

$$4\pi\vec{H}(P) = -\frac{1}{ik}\int_C \overrightarrow{\text{grad}}\,\psi\,(\vec{E}.\vec{ds}) + \int_C \psi\left[\vec{H}\times\vec{ds}\right] + \iint_S \left(\psi\frac{\partial\vec{H}}{\partial n} - \vec{H}\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)d\sigma$$

r désignant la distance de M à P. La valeur de la fonction ψ est $\psi(M) = \frac{e^{ikr}}{r}$

elle satisfait à l'équation de propagation :

$$\Delta\psi = -k^2\psi$$

k a la valeur : $\frac{2\pi}{\lambda}$.

Les intégrales de contour deviennent négligeables lorsque l'ouverture a une dimension grande devant la longueur d'onde. Il subsiste dans ce cas l'intégrale de surface dans laquelle

$$\frac{\partial \vec{E}}{\partial n} \quad \frac{\partial \vec{H}}{\partial n} \quad \frac{\partial \psi}{\partial n}$$

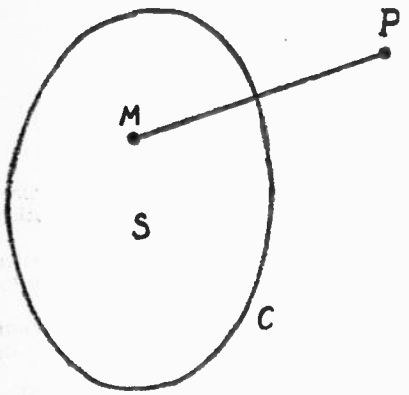


Fig. 1

sont les dérivées par rapport à la normale à la surface de l'ouverture, comptée positivement dans la direction de l'onde diffractée.

J. Ortusi (1) a montré dans un travail expérimental que les formules de Kottler doivent être appliquées au champ régnant réellement dans l'ouverture, c'est-à-dire à la somme des champs incidents et réfléchis par les bords du projecteur. La forme du champ réfléchi est en général difficile à prévoir par le calcul, il en résulte que les formules de Kottler sont difficiles à appliquer lorsque la réflexion par les bords devient importante. Ce cas est celui d'un projecteur d'ouverture réduite devant la longueur d'onde.

L'expérience montre que pour une ouverture de quelques longueurs d'onde l'on peut négliger l'effet des bords et appliquer, pour trouver les diagrammes de rayonnement, les formules de diffraction de Kirchhoff utilisées en optique :

$$4\pi \vec{E}(P) = \iint_S \left(\psi \frac{\partial \vec{E}}{\partial n} - \vec{E} \frac{\partial \psi}{dn} \right) d\sigma$$

$$4\pi \vec{H}(P) = \iint_S \left(\psi \frac{\partial \vec{H}}{\partial n} - \vec{H} \frac{\partial \psi}{\partial n} \right) d\sigma$$

Ces formules montrent qu'un rayonnement polarisé reste polarisé dans la même direction dans tout l'espace, ce résultat ne subsiste pas lorsqu'il est tenu compte de l'effet des bords.

Application à la diffraction par une ouverture plane d'une onde plane homogène polarisée.

Par rapport à deux axes de coordonnées rectangulaires, Ox et Oy dans le plan de l'ouverture et Oz dans la direction de propagation, les composantes du vecteur électrique E d'une onde plane indéfinie sont :

$$E_x = e^{ik(ct-z)} \quad E_y = 0 \qquad E_z = 0$$

Soient φ et θ les angles polaires fixant la direction d'un point P situé à une distance d très grande (fig. 2), M de coordonnées xy un point de l'ouverture et P de coordonnées xyz. La distance MP est donnée par :

$$r^2 = d^2 - 2(x\,X + y\,Y) + x^2 + y^2$$

avec :

$$X = d \sin\theta \cos\varphi$$
$$Y = d \sin\theta \sin\varphi$$
$$Z = d \cos\theta$$
$$r = d - \sin\theta\,(x\cos\varphi + y\sin\varphi)$$

la fonction $\psi = \dfrac{e^{-ikr}}{r}$ a une dérivée normale :

$$\frac{\partial \psi}{\partial n} = \psi \times \left\{ \frac{1}{r} + ik \right\} \frac{1}{\cos\theta} \simeq \psi \times (ik) \frac{1}{\cos\theta}$$

En appliquant la formule de Kirchhoff :

$$E_x(P) = \frac{ik}{4\pi} \frac{(1+\cos\theta)}{\cos\theta} e^{ikct} \iint_S \psi \, d\sigma$$

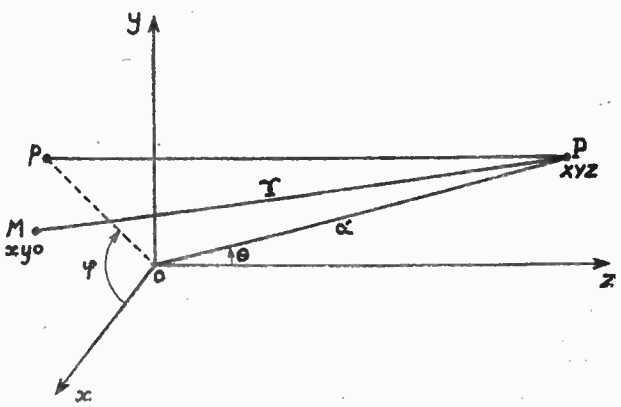


Fig. 2

d'où :

$$E_x(P) = \frac{ik}{\pi} \frac{1+\cos\theta}{d} e^{ik(ct-d)} \iint_S e^{ik\sin\theta(x\cos\varphi + y\sin\varphi)} dx\,dy$$

Pour une ouverture rectangulaire de côté a parallèle à Ox et b parallèle à Oy le champ électrique devient :

$$E_x(P) = \frac{ik}{\pi} \frac{1+\cos\theta}{d} e^{ik(ct-d)} \left\{ \frac{\sin\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\cos\varphi\right) \sin\left(\frac{kb}{2}\sin\theta\sin\varphi\right)}{k^2 \sin^2\theta \sin\varphi\cos\varphi} \right\}$$

Dans la direction de Oz, $\theta = 0$.

$$E_x(P) = \frac{ik}{\pi d} \frac{ab}{2} e^{ik(ct-d)}$$

En désignant par E_0 l'amplitude du champ électrique dans une ouverture de surface S, l'amplitude

(1) J. Ortusi. « Thèse de doctorat 1944.

maximum E_1 du champ à une distance d dans la direction normale à l'ouverture est :

$$E_1 = E_0 \frac{S}{\lambda d}$$

Dans le plan xoz, pour lequel $\varphi = 0$, le diagramme (fig. 3) est défini par :

$$E = E_1 \frac{(1 + \cos\theta)}{2} \frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta\right)}{\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta}$$

$$\simeq E_1 \frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta\right)}{\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta}$$

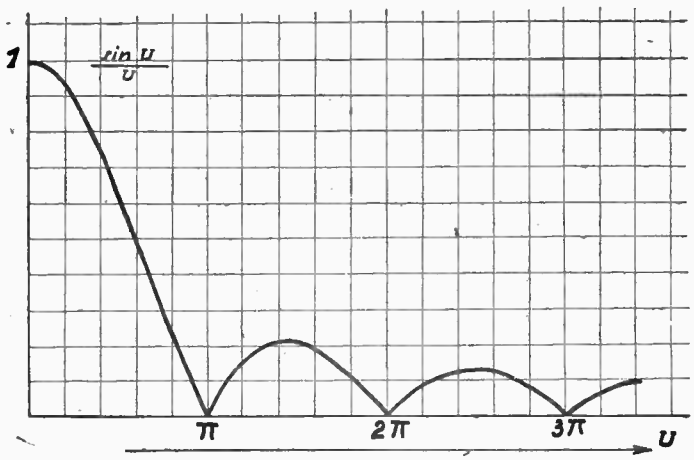


FIG. 3

Dans le plan yoz :

$$E = E_1 \frac{\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda}\sin\theta\right)}{\frac{\pi b}{\lambda}\sin\theta}$$

Ces deux diagrammes comportent chacun une série de zéro pour $\sin\theta = \frac{n\lambda}{a}$ dans le plan xoz

et $\sin\theta = \frac{n\lambda}{b}$ dans le plan yoz.

Si la valeur du champ maximum est prise égale à 1, le premier lobe secondaire a une amplitude égale à 0,22. La distribution uniforme du champ dans l'ouverture conduit à la production de feuilles secondaires importantes. Par contre, on démontre que la distribution uniforme du champ dans l'ouverture donne au projecteur son rendement maximum (1) ; le rendement est défini comme le rapport du champ maximum obtenu à la surface de l'ouverture lorsque le flux d'énergie qui traverse l'ouverture demeure constant.

Le champ électrique E_0 peut s'exprimer en fonction de la puissance W qui traverse l'ouverture. Cette puissance W est égale à :

$$W = \frac{c}{8\pi} E^2_0 S$$

On en déduit que le champ maximum obtenu par un projecteur d'ouverture S à la distance d est donné par la relation :

$$E = \frac{1}{\lambda d}\sqrt{\frac{8\pi}{c} WS} \quad UES$$

En exprimant W en watts, S en m², λ en centimètres et d en kilomètres, le champ électrique E exprimé en volts par mètre est donné par :

$$E = \frac{1{,}92}{\lambda d}\sqrt{W S} \text{ Volts/mètres}$$

Le gain maximum est :

$$G = 20 \log\left(\frac{1}{\lambda}\sqrt{4\pi S}\right) \text{ décibels}$$

Pour un projecteur de 1 m² d'ouverture et des ondes de 10 cm de longueur d'onde, le gain maximum est :

$$G = 31 \text{ décibels}$$

Pour des ondes de 3 cm, le gain du même projecteur serait de 41,4 décibels.

Calcul d'un projecteur ayant un diagramme de forme donnée.

Nous avons traité le cas d'un projecteur de rendement maximum, il est possible, en faisant varier la grandeur du champ électrique dans le plan de l'ouverture, d'obtenir un diagramme ayant une autre forme. Réciproquement, il est utile de partir de la forme du diagramme pour calculer la répartition du champ dans le plan de l'ouverture, on peut ainsi calculer un projecteur donnant un diagramme d'une forme désirée. On utilise pour ces calculs un théorème connu dans l'analyse des cristaux par les rayons X.

Soit $f(x)$ la distribution de l'amplitude du champ le long d'une droite ox située dans le plan de l'ouverture. Tous les mouvements dans l'ouverture sont supposés en phase. La fonction $f(x)$ peut être représentée par l'intégrale de Fourier :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} F(m)\, e^{imx} dm$$

L'amplitude du rayonnement en un point P situé à grande distance tel que OP forme avec la normale à ox un angle θ est donnée par :

$$F(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\, e^{i\frac{2\pi}{\lambda}\sin\theta\, x} dx$$

par suite de la symétrie de l'intégrale de Fourier :

$$E(\theta) = F\left(\frac{2\pi}{\lambda}\sin\theta\right)$$

Il résulte de ce théorème que, connaissant la fonction F, on en déduit par la résolution de l'intégrale de Fourier la forme de $f(x)$.

Inversement, connaissant la distribution $f(x)$ dans l'ouverture, la forme du diagramme de rayonnement

***

(1) GUTTON et ORTUSI. « Sur le rendement maximum d'un projecteur d'ondes ». Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, T. 214, p. 736, 20 Avril 1942.

est déterminée en calculant la fonction F (u) par l'intégrale de Fourier :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(m)\, e^{imu} dm$$

avec :

$$u = \frac{2\pi}{\lambda} \sin\theta$$

On peut étendre ce théorème au rayonnement de sources distribuées sur une surface.

Si la fonction $f(x)$ est une distribution de Gauss :

$$f(x) = e^{-\frac{x^2}{2}}$$

on trouve que le diagramme de rayonnement

$$F(\theta) = e^{-\frac{2\pi^2}{\lambda^2}\sin^2\theta}$$

est aussi une distribution de Gauss, car :

$$e^{-\frac{x^2}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{m^2}{2}} \cos mx\, dm$$

Lorsque l'on excite l'ouverture d'un projecteur par une distribution de Gauss, on obtient un diagramme de rayonnement ayant la forme d'une distribution de Gauss. Ce diagramme de rayonnement n'a pas de feuille latérale.

Ces résultats sont obtenus lorsque la surface plane de l'ouverture est excitée partout dans la même phase. Le rayonnement est maximum dans la direction normale au plan de l'ouverture, le diagramme est symétrique par rapport à cette normale, même si la distribution du champ dans l'ouverture est dissymétrique. Pour obtenir un diagramme dissymétrique par rapport à la normale à l'ouverture, il est nécessaire que la phase des sources varie dans le plan de l'ouverture. On peut citer en exemple de cette conclusion le cas de la réflexion d'une onde plane sur un miroir plan sous une incidence différente de la normale. Le maximum de rayonnement réfléchi fait un angle avec la normale au miroir égal à l'angle d'incidence. En remplaçant le rayonnement incident par son effet dans le plan du miroir, on voit que la phase des sources secondaires varie d'un point à l'autre du miroir, le rayonnement n'est pas symétrique par rapport à la normale au miroir.

Ces principes permettent d'étudier assez complètement les projecteurs d'onde.

Nous passerons en revue les différents types de projecteurs et déterminerons leurs propriétés respectives.

1. — *Cornets électromagnétiques.*

L onde émise progresse à l'intérieur d'un cornet de forme conique, elle est guidée progressivement de la surface d'entrée du projecteur à la surface de l'ouverture. L'onde qui circule à l'intérieur d'un cornet a une forme sphérique ayant pour centre le sommet du cornet. Par suite, l'ouverture du cornet, considérée comme une surface d'égale phase, n'est pas plane; elle a une forme sphérique. Lorsque la flèche de la calotte sphérique est inférieure à $\frac{\lambda}{8}$ on peut calculer le rayonnement comme si la surface d'onde était plane.

Prenons pour exemple le cornet de section rectangulaire, le plus fréquemment employé. Ce cornet est, en général, adapté à l'extrémité d'un guide électromagnétique de section rectangulaire, transmettant l'onde magnétique H_{01}. L'une des faces du cornet est parallèle au vecteur électrique, l'autre lui est perpendiculaire. La distribution du vecteur électrique dans la surface de l'ouverture assimilée à un plan est :

$$E_x = A \cos\frac{\pi y}{b} e^{i\omega t} \qquad E_y = 0$$

Soient a et b les côtés de l'ouverture, le diagramme de rayonnement est calculable.

Dans le plan zox, il a pour forme :

$$E = E_0 \frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta\right)}{\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta}$$

Dans le plan zoy :

$$E = E_0 \frac{\cos\left(\frac{\pi b}{\lambda}\sin\theta\right)}{1 - \frac{4}{\pi^2}\left(\frac{\pi^2 b^2}{\lambda^2}\sin^2\theta\right)}$$

Le champ électrique dans la direction oz est égal à 0,9 fois le champ électrique correspondant au rendement maximum.

Le cornet électromagnétique s'adapte très bien à l'extrémité d'un guide électromagnétique, la réflexion produite au passage entre le guide et le cornet est négligeable.

L'usage d'un cornet est limité par la sphéricité de l'onde dans l'ouverture. La flèche de cette calotte sphérique ne peut dépasser une valeur égale à $\lambda/2$, sans que le gain diminue. Soit α l'angle au sommet du cornet, et l la longueur pour une ouverture a, la dimension de a ne peut dépasser la valeur :

$$a = 2\sqrt{\lambda l}$$

Cette relation impose une longueur l minimum (fig. 4).

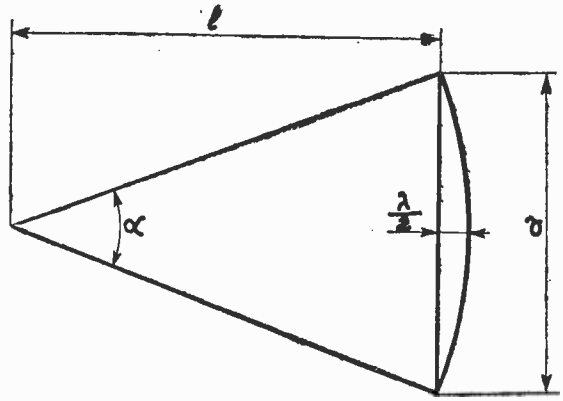


FIG. 4

Par exemple, pour une longueur d'onde de 10 cm et une ouverture a égale à 1 mètre, la longueur l minimume st égale à 2,50 mètre.

Cet exemple montre que, pour utiliser un cornet de dimension raisonnable, il est nécessaire de placer sur l'ouverture une lentille ayant pour foyer le sommet du cornet. Cette lentille a pour but de transformer l'onde sphérique en une onde plane. Elle est formée par des plaques métalliques disposées parallèlement au champ électrique, de façon à constituer une série d'éléments de guides (fig. 5 et 6). Ces plaques métalliques se terminent sur une surface sphérique du côté du cornet et plane vers l'extérieur. L'écartement des plaques est calculé de manière que l'avance de phase de l'onde entre deux plaques parallèles rattrape le retard de phase provoqué par la sphéricité de l'onde. Le cornet ainsi corrigé peut avoir un angle au sommet égal à 60°, donc une longueur l du même ordre de grandeur que l'ouverture.

En disposant à l'intérieur du cornet des volets métalliques perpendiculaires au champ électrique et

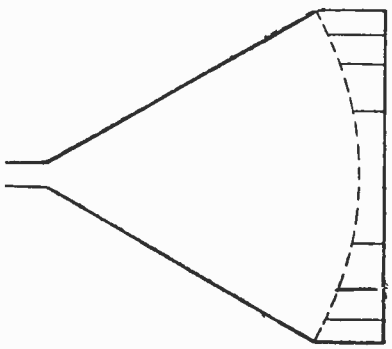


FIG. 5

ne passant pas par le sommet du cornet, on peut amener dans le plan de l'ouverture une distribution quelconque du vecteur électrique et obtenir un diagramme de rayonnement de la forme désirée.

Les cornets électromagnétiques, même corrigés, passent une grande largeur de bande de fréquence ; ils sont faciles à adapter à un guide d'ondes, il est possible d'obtenir un diagramme de rayonnement de la forme désirée. Cet aérien auquel on préfère souvent le miroir à cause de son encombrement plus réduit, présente de grands avantages au point de vue de l'utilisation.

2. — *Miroirs réflecteurs.*

Les projecteurs utilisant un réflecteur s'inspirent des solutions de l'optique. La source de rayonnement est placée au foyer du miroir. En général, la source est un projecteur de faible directivité dont le rayonnement couvre la surface du réflecteur. L'ouverture du projecteur s'appuie sur le contour du miroir.

Les miroirs utilisés sont *paraboliques* ou *spéhriques, cylindriques* ou de *révolution.*

Les miroirs paraboliques sont excités au foyer par un doublet demi-onde D, derrière lequel est disposé un réflecteur R. On s'arrange pour que le rayonnement de l'ensemble couvre la surface du miroir. Pour obtenir ce résultat le foyer est placé en dehors du miroir. Le doublet est alimenté par un élément de feeder coaxial. L'impédance de rayonnement du doublet dépend essentiellement de la distance du foyer au réflecteur comptée en longueur d'onde. L'impédance ramenée sur le doublet varie lorsque la fréquence de l'émetteur varie. Ce défaut est grave lorsqu'il s'agit d'un émetteur de radar à magnétron, car la fréquence varie à chaque changement de lampe, ce qui oblige à reprendre les réglages d'adaptation de l'émetteur pour chaque changement de magnétron.

Dans les projecteurs modernes, afin d'éviter le passage du guide d'onde à un coaxial et pour améliorer la forme du rayonnement de la source sur le miroir, on utilise un élément de cornet électromagnétique dont l'ouverture est disposée au foyer du miroir. Pour la même raison que précédemment, l'impédance de rayonnement du doublet varie lorsque la fréquence émise varie.

Pour supprimer ce défaut, il faut éviter la réflexion du rayonnement sur le fond du miroir. C'est en effet, cette partie du rayonnement réfléchi qui réagit sur

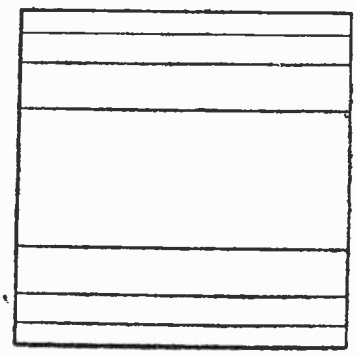


FIG. 6

la source et modifie son impédance de rayonnement lorsque la fréquence varie.

La réaction du rayonnement réfléchi est supprimée en enlevant la partie du miroir qui forme le fond et en ne conservant que le bord. La figure 7 montre la disposition adoptée.

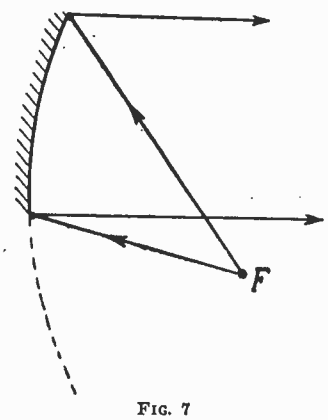


FIG. 7

Dans certains problèmes de radar, spécialemenp pour déterminer avec précision la direction d'un but, on utilise le procédé dit *du double lobe* (fig. 8). Ce procédé comporte l'envoi de l'énergie successivement dans deux directions voisines faisant un angle α. Le rayonnement de l'antenne est représenté par 1 puis 2. On compare l'amplitude des échos obtenus avec les lobes 1 et 2. Lorsque la direction du but est OA, les deux amplitudes sont égales. Les autres directions telles que OB, donnent des échos inégaux

sur 2 et sur 1. Ce procédé permet de mesurer une direction avec une précision qui peut atteindre quelques minutes d'angle. Le champ de recherche des buts reste cependant grand puisqu'il couvre la largeur des deux lobes.

Le procédé du double lobe utilise un réflecteur sphérique ou parabolique et deux sources de rayonnement légèrement décalées par rapport au foyer du miroir. Soient A et B ces sources (fig. 9), l'optique géométrique donne la direction du maximum de chacun des lobes.

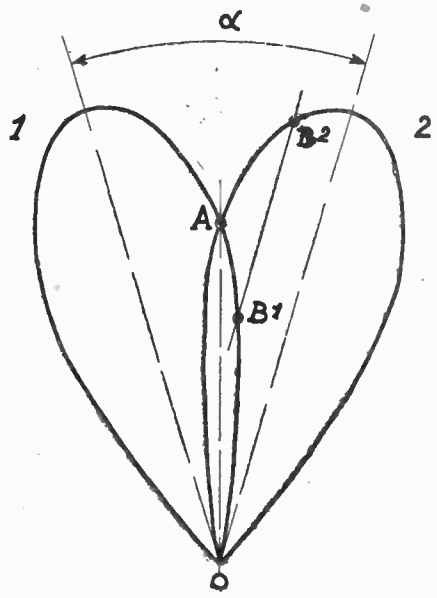


FIG. 8

Pour obtenir un rayonnement très directif dans un plan et très peu directif dans le plan perpendiculaire, on utilise des miroirs cylindriques. La source de rayonnement est placée sur la ligne locale du cylindre (fig. 10).

La longueur l des génératrices définit la directivité dans le plan de ces génératrices, la hauteur h

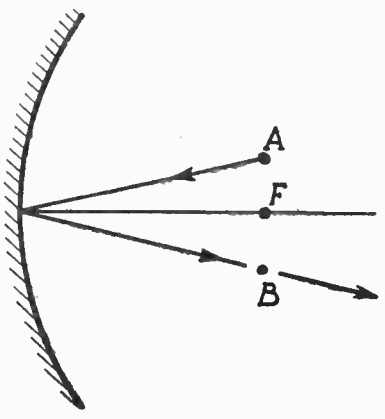


FIG. 9

définit la directivité dans l'autre plan. Les sources de rayonnement sont des fentes percées dans la paroi d'un guide d'onde allongé sur la ligne focale. Ce guide est alimenté par l'émetteur à l'une de ses extrémités, les fentes sont disposées le long du guide de façon à rayonner une amplitude constante ; l'autre extrémité est terminée sur l'impédance caractiristique du guide de façon à éviter la réflexion en bout. Il est nécessaire de calculer l'ensemble pour obtenir l'égalité de phase de toutes les sources rayonnantes.

Dans le même but, les Anglais utilisent un projecteur qu'ils appellent « cheese » (fig. 11). Ce projecteur est un miroir cylindro-parabolique ayant des génératrices verticales de faible hauteur.

Ce miroir est fermé en haut et en bas par deux plans conducteurs. L'ouverture rayonnante plane ABCD passe en général par la ligne focale. Le miroir est excité par une source placée sur la ligne focale, le vecteur électrique est polarisé normalement à cette ligne.

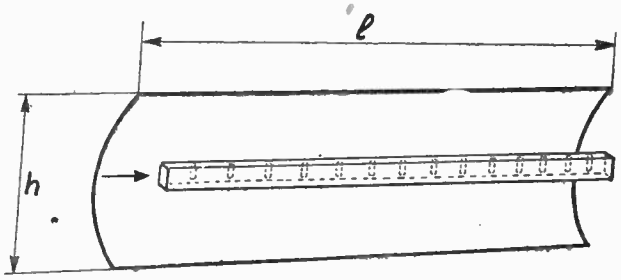


FIG. 10

L'énergie se propage entre les deux plans conducteurs comme dans un guide. La source de rayonnement est calculée de manière à donner au champ électrique dans le sens AB une distribution à peu près uniforme.

Dans l'autre direction, on s'efforce d'obtenir une distribution aussi uniforme que possible en ajoutant à l'onde fondamentale circulant entre les deux faces planes, une onde harmonique d'ordre 3, ayant une amplitude convenable. L'ouverture ABCD est ainsi uniformément excitée, le projecteur donne sensiblement le rendement maximum.

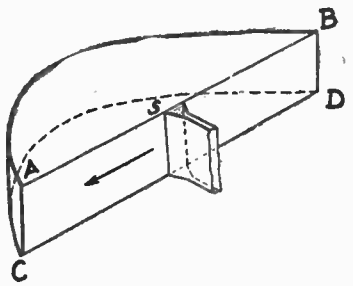


FIG. 11

Nature des miroirs.

Le miroir réflecteur doit être métallique, la surface du miroir peut présenter des défauts, mais il faut qu'elle ne s'écarte pas plus de $\lambda/8$ de la surface idéale. Les pertes dues aux miroirs sont de peu d'importance, les coefficients de réflexion de la plupart des métaux pour cette gamme d'onde dépassent 0,95.

Il est possible d'alléger les miroirs et de diminuer la prise au vent en pratiquant des trous dans le miroir. Ces trous pourront être allongés dans le sens des courants induits, leur largeur ne devra pas dépasser l'ordre de grandeur de $\lambda/8$.

Antennes diélectriques.

Les antennes diélectriques sont des bâtons isolants de section circulaire dont la constante diélectrique est ε. Ces bâtons sont alimentés par la source à l'une des extrémités. Par suite des réflexions de l'onde à la surface du diélectrique, l'onde se propage à l'intérieur du bâton avec une forme d'onde guidée. Cette onde, circulant dans le diélectrique, doit se raccorder avec l'onde qui se propage à l'extérieur. Il faut pour cela égaler les champs électriques tangentiels, l'induction électrique normale et les champs magnétiques des deux ondes intérieure et extérieure. Le champ électrique extérieur est le champ rayonnant. Ce champ doit avoir une forme telle que le projecteur ait le meilleur rendement. Son amplitude doit être constante le long de l'antenne.

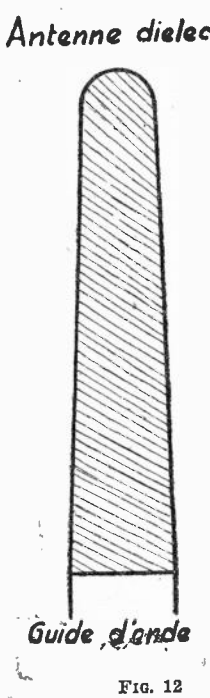


FIG. 12

Pour obtenir la constance du champ électrique on est amené à augmenter la proportion d'énergie rayonnée depuis l'origine jusqu'à l'extrémité de l'antenne. Le bâton diélectrique doit avoir pour obtenir ce résultat, une forme légèrement conique (fig. 12). On évite la réflexion de l'onde sur l'extrémité en terminant l'antenne par une calotte hémisphérique.

Le calcul approximatif du rayonnement peut se faire en supposant l'antenne analogue à une ligne OA ayant la longueur l du diélectrique (fig. 13). En chaque point M il existe une source de rayonnement et toutes ces sources élémentaires ont une intensité constante pour obtenir le rendement maximum.

Le champ électrique en M est représenté par :

$$E(M) = \cos\ (kct - k_z z)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad \text{et} \qquad k_z = \frac{2\pi}{\lambda_z},$$

λ est la longueur d'onde de propagation dans le vide et λ_z la longueur d'onde de propagation de l'onde guidée dans le diélectrique.

En un point P éloigné dans la direction θ

$$E(P) = \int_0^l \cos\ (kct - k_z z + kz \cos\theta)\, dz$$

d'où, en intégrant entre 0 et l

$$E(P) = \frac{1}{l\,(k\cos\theta\ k_z)} \left\{ \sin\ (kct + (k_z \cos\theta - k_z)\, l) - \sin kct \right\}$$

L'amplitude de champ est :

$$E(P) = \frac{\sqrt{2\,(1 - \cos l\,(k\cos\theta - k_z)}}{l\,(k\cos\theta - k_z)}$$

Pour $\theta = 0$

$$E_o = \frac{\sqrt{2\left(1 - \cos\frac{l\pi\theta^2}{\lambda}\right)}}{l\frac{\pi\theta^2}{\lambda}}$$

Le diagramme de rayonnement dépend de la différence $k - k_z$.

1° Si $k = k_z$

$$E = \frac{\sqrt{2\left(1 - \cos\frac{l\pi\theta^2}{\lambda}\right)}}{\frac{l\pi\theta^2}{\lambda}}$$

La courbe a la forme indiquée sur la figure 14 par la caractéristique 1.

2° Si $k > k_z$, la vitesse de propagation dans le diélectrique est supérieure à la vitesse dans le vide. La courbe présente deux maxima, elle a la forme 2.

3° Si $k < k_z$, la vitesse de propagation dans le diélectrique est inférieure, le lobe principal a une largeur moindre que lorsque $k = k_z$, l'importance des feuilles secondaires est plus grande.

L'antenne diélectrique permet d'obtenir la forme désirée en modifiant le diamètre du diélectrique. Le diamètre sera calculé de façon que k_z soit plus grand et très voisin de k.

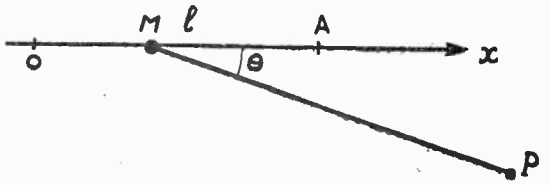


FIG. 13

Ces antennes peuvent être employées en parallèle en disposant plusieurs bâtons l'un à côté de l'autre. Elles forment ainsi un réseau analogue aux antennes dirigées des ondes plus longues.

D'une façon générale, pour tous les modèles de projecteurs l'expérience confirme les résultats des calculs, pourtant les essais de mesure des diagrammes

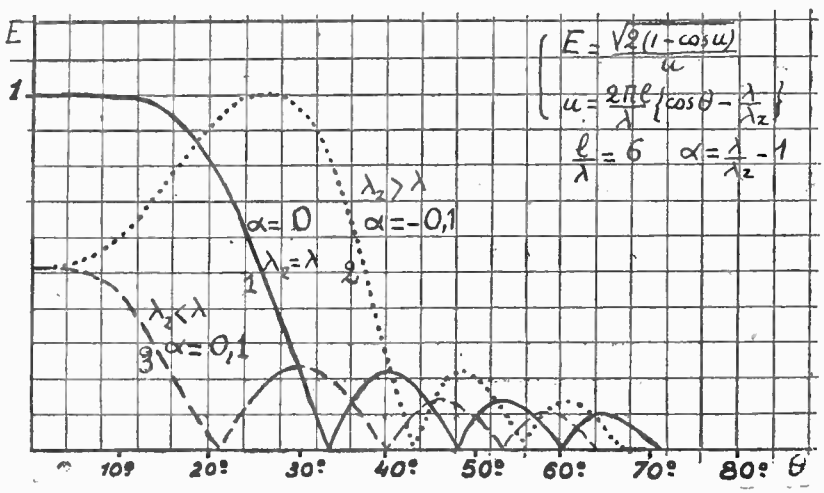


FIG. 14

des projecteurs d'onde sont délicats, car si la mesure est faite trop près du projecteur le diagramme est modifié ; trop loin il est perturbé par les réflexions de l'onde sur le sol.

Les projecteurs d'ondes centimétriques sont surtout utilisés actuellement dans des appareils de détection électromagnétiques. Il est très fréquent avec ces appareils d'explorer l'espace en faisant tourner le projecteur autour d'un axe vertical. On réalise ainsi une sorte de phare tournant qui éclaire successivement tous les obstacles. La rotation du faisceau hertzien est synchronisée avec la rotation d'un balayage radial du faisceau électronique d'un oscillographe cathodique. Ce balayage radial a pour origine le centre de l'écran, il est synchronisé sur chaque impulsion émise par l'émetteur. Un écho reçu agit sur la grille de modulation de l'oscillographe, il se traduit sur l'écran par un point lumineux. La distance du point lumineux au centre est proportionnelle à la distance de l'obstacle. Les échos forment sur l'écran une carte qu'il est possible d'interpréter rapidement. A cause de l'inertie du projecteur la rotation du faisceau hertzien obtenue mécaniquement est relativement lente, il est diffi-

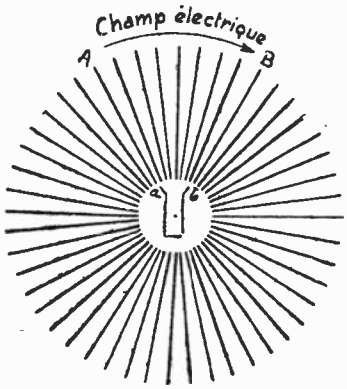


FIG. 15

cile de dépasser un tour par seconde. L'image obtenue sur l'écran de l'oscillographe est cependant rendue permanente, en utilisant des poudres fluorescentes rémanentes. Nous avons recherché la possibilité de faire tourner rapidement le faisceau hertzien afin d'obtenir une image permanente des obstacles sur l'oscillographe cathodique. Le projecteur représenté par les fig. 15 et 16 permet une rotation de dix tours par seconde. Le principe repose sur la possibilité de disposer des volets métalliques perpendiculairement au champ électrique sans modifier l'amplitude du vecteur électrique. Le projecteur est formé d'une grande quantité de ces volets formant une série de petits cornets débouchant d'une part sur la périphérie d'autre part sur un cylindre intérieur. A l'intérieur de ce cylindre peut tourner un distributeur excitant une série des orifices de ces cornets. Le champ électrique créé par le distributeur entre *a* et *b* se retrouve homothétique à la sortie des cornets, entre A et B.

Grâce à ce dispositif mis au point au laboratoire de la Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil, par Jean Hugon (1), il est possible ,avec une pièce

FIG. 16

mobile de petite dimension capable de tourner vite, d'amener à la sortie du projecteur une distribution de champ dans une ouverture de grande dimension produisant un diagramme de rayonnement fin. Ce principe de projecteur est utilisable dans tous les cas où il est nécessaire de faire tourner rapidement un faisceau hertzien fin.

Les projecteurs d'ondes sous leurs trois formes connues s'adaptent aux longueurs d'ondes décimétriques. Les miroirs et les lentilles donnant des solutions analogues à celles de l'optique sont cependant d'autant plus favorables que la longueur d'onde est plus courte, le rayonnement ayant un caractère de plus en plus voisin de celui de la lumière, les procédés utilisés en optique deviennent préférables.

(1) Brevet Français 685569, 26 novembre 1943. Détecteur d'obstacles panoramique.

LA DISTORSION TRAPEZOIDALE DANS LES TUBES CATHODIQUES

par

A. CAZALAS.

Ingénieur E. P.

Dans un tube à rayons cathodiques à déviation électrostatique, la déviation du pinceau électronique est obtenue en appliquant une différence de potentiel entre deux plaques situées de part et d'autre du faisceau.

Supposons qu'en l'absence de déviation les plaques soient au potentiel zéro ; nous pouvons appliquer une différence de potentiel entre deux plaques de deux façons principales :

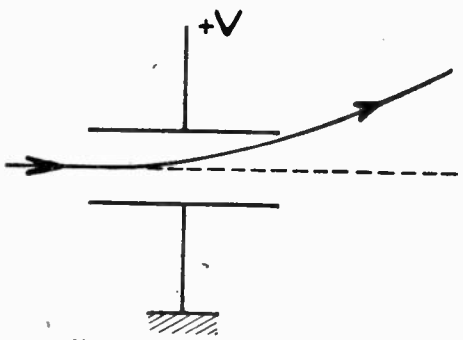


FIG. 1 *a*. — Attaque dissymétrique.

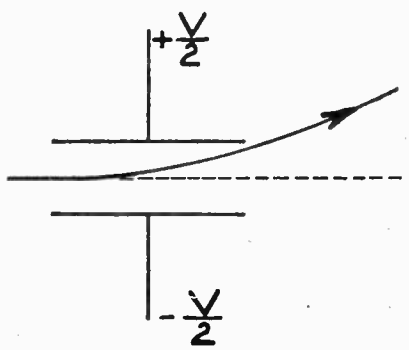


FIG. 1 *b*. — Attaque symétrique.

a) On laisse l'une des plaques au potentiel initial tandis que l'autre est portée au potentiel V ; c'est ce qu'on appelle une attaque dissymétrique (Fig. 1 *a*).

b) On porte une plaque au potentiel $\frac{V}{2}$ et l'autre au potentiel $-\frac{V}{2}$; c'est l'attaque symétrique (Fig. 1 *b*).

L'un et l'autre de ces modes d'emploi présente des avantages et des inconvénients. Notre but est d'étudier l'un des défauts de l'attaque dissymétrique connu sous le nom de distorsion trapézoïdale.

I. — DEFINITION ET MESURE DE LA DISTORSION TRAPEZOIDALE

Définitions générales.

Quand on applique à un tube cathodique attaqué d'une manière dissymétrique des tensions établies pour donner un balayage de télévision, on constate que la zone balayée présente l'aspect d'un trapèze (Fig. 2).

Avant de chercher les causes de ce phénomène, il convient de le définir d'une manière précise.

La figure 3 représente schématiquement un tube à rayons cathodiques ; les plaques P_1 (Y_1 et Y_2) sont les plus proches du canon électronique, les plaques P_2 (X_1 et X_2) sont situées plus près de l'écran fluorescent E.

Conformément à l'orientation actuelle de la technique, nous supposerons que l'écran E est plan ; cela nous permettra de ne pas tenir compte de la courbure des lignes du balayage de télévision due à celle de l'écran.

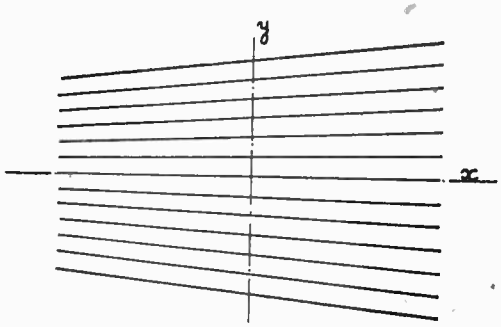


FIG. 2

Définition de la distorsion trapézoïdale.

Mettons les plaques X_2 et Y_2 au potentiel de l'anode supposé nul, les potentiels u et v de X_1 et Y_1 étant variables ; la place du spot est alors définie par ses coordonnées (x et y) par rapport à deux axes définis par $v = o$ et $u = o$. A priori, nous pouvons écrire :

$$(1) \qquad \begin{cases} x = f(u, v) \\ y = g(u, v) \end{cases}$$

Si le tube était parfait, ces relations se réduiraient à :

$$(2) \qquad \left.\begin{cases} x = a\,u \\ y = b\,v \end{cases}\right\} (a \text{ et } b \text{ étant des constantes})$$

En comparant les relations (1) et (2), on vérifie d'abord que x n'est pas fonction de v et que, dans un tube bien construit, la relation $x = f(u, o)$ est linéaire aux erreurs de mesure près :

$$x = a\,u.$$

Par contre, y est fonction de u et de v, et on peut écrire :

$$y = g(u, v) = g_0 + u g'_u + v g'_v + \frac{u^2}{2} g''_{u^2} + uv\, g''_{uv} + \frac{v^2}{2} g''_{v^2} + \frac{\alpha u^3}{6} + \frac{\beta u^2}{2} v + \frac{\gamma}{2} u v^2 + \frac{\delta}{6} v^3$$

α, β, γ, δ, représentent les valeurs des dérivées partielles du troisième ordre pour les valeurs θu et θv de u et de v ($o < \theta < 1$); tandis que

$$g'_u = \frac{\partial g(o, o)}{\partial u}, \quad g'_v = \frac{\partial g(o, o)}{\partial v}, \text{ etc.}$$

En remarquant alors que :

$$\begin{cases} u = \dfrac{x}{a} \\ v = \dfrac{y_0}{b} \end{cases}$$

l'équation (3) peut s'écrire :

$$(4) \quad y = y_0 + \frac{x}{a}\left(\frac{y_0}{b} g''_{uv} + \frac{\gamma}{2}\frac{y_0^2}{b^2}\right) + \frac{\beta}{2}\frac{y_0}{b}\frac{x^2}{a^2}$$

Cette équation représente un arc de parabole dont la pente au point M_0 situé sur $o\,y$ est :

$$p = \frac{y_0}{b} g''_{uv} + \frac{\gamma}{2}\frac{y^2}{b^2}$$

et la courbure :

$$C = \frac{\beta\, y_0}{a^2\, b}$$

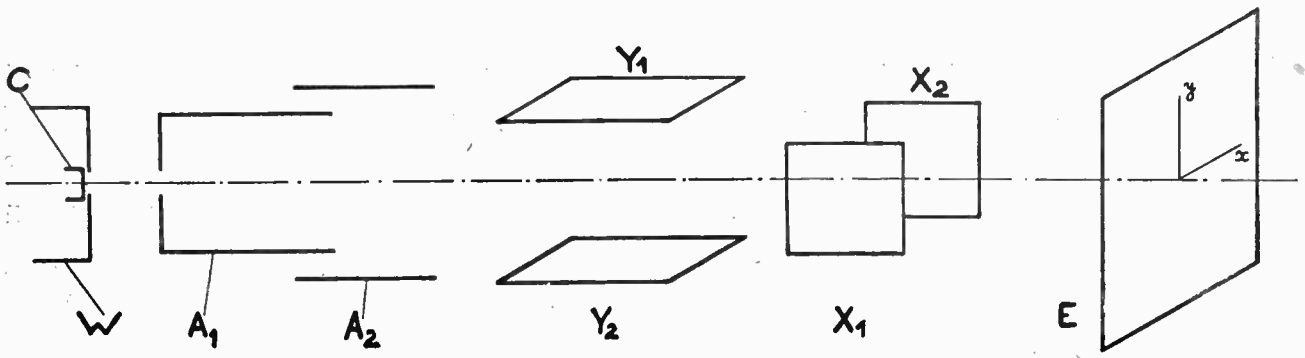


FIG. 3

D'après la définition de O x, $g \equiv o$ pour $v = o$, d'où :

$$g_0 = o,\ g'_u = o,\ g''_{u^2} = o,\ \alpha = o$$

Il reste :

$$(3) \quad y = g(u, v) = \underbrace{v\, g'_v + \frac{v^2}{2} g''_{v^2} + \frac{\delta}{6} v^3}_{y_0} + \underbrace{u\left(v\, g''_{uv} + \frac{\gamma}{2} v^2\right)}_{T} + \underbrace{\frac{\beta}{2} u^2 v}_{c}$$

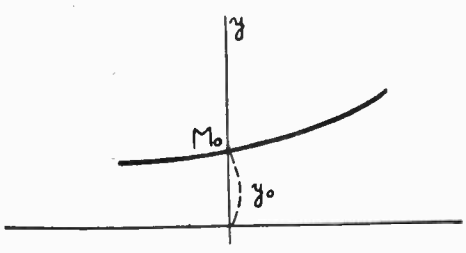


FIG. 4

Les termes indépendants de u représentent la déviation le long de $o\,y$:

$$y_0 = v\, g'_v + \frac{v^2}{2} g''_{v^2} + \frac{\delta}{6} v^3$$

Dans un tube bien construit y_0 est proportionnel à v, c'est-à-dire :

$$g''_{v^2} = o \text{ et } \delta = o$$

Dans un tube correctement établi, la courbure en M_0 est négligeable et l'équation d'une ligne d'un balayage de télévision est :

$$y = y_0 + \frac{x}{a}\left(\frac{y_0}{b} g''_{uv} + \frac{\gamma}{2}\frac{y_0^2}{b^2}\right)$$

Cette équation se simplifie encore, car on constate que la pente de la droite est proportionnelle à y_0.

Nous obtenons finalement :

$$(5) \quad y = y_0 + \frac{x}{a} \cdot \frac{y_0}{b} g''_{uv}$$

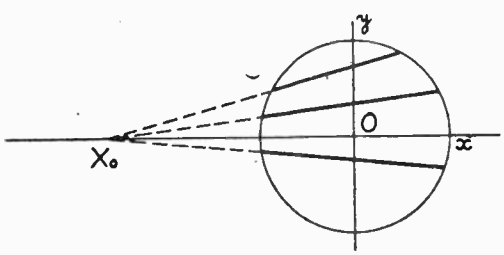


FIG. 5

Cette droite coupe $o\,x$ au point X_0 d'abscisse x_0 :

$$x_0 = -\frac{ab}{g''_{uv}}$$

Définition.

R étant le rayon de l'écran fluorescent, il semble que le rapport :

$$t = \frac{R}{x_0}$$

caractériserait bien la distorsion trapézoïdale, aussi nous l'adopterons comme définition.

On peut remarquer que t est la pente de la ligne qui passe par le sommet de l'écran.

Mesure de la distorsion trapézoïdale.

Nous venons de la définir par :

$$t = \frac{R}{x_0}$$

R est connu, il suffit de mesurer x_0.

La figure 6 montre les longueurs mesurées sur un tube dont l'écran mesure 11 cm. de diamètre.

On en déduit :

$$\frac{x_0}{AA'} = \frac{x_0 - OC}{BB'} \quad \text{d'où} \quad \frac{x_0}{AA'} = \frac{OC}{AA' - BB'}$$

$AA' = 45 \quad BB' = 42 \quad AA' - BB' = 3 \quad OC = 35$

d'où :

$$x_0 = \frac{35 \times 45}{3}$$

et $$t = \frac{R}{x_0} = 55 : \frac{35.45}{3} = 0{,}10$$

La distorsion trapézoïdale est de 10 % dans les tubes E-3 II de la CdC.

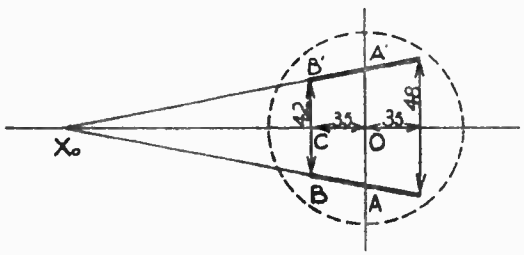


Fig. 6

II. — LA CAUSE DU TRAPEZE

A. — Influence réciproque des deux paires de plaques.

Le trapèze se présente comme une influence des plaques P_2 sur les plaques P_1 ; ne serait-il pas dû à la proximité des plaques P_2 qui déformeraient le champ électrique au voisinage de la sortie des plaques P_1 ?

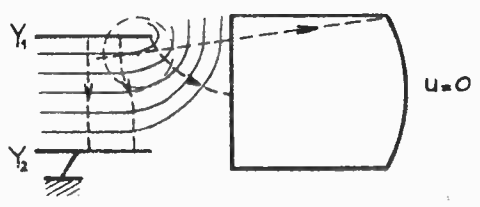


Fig. 7

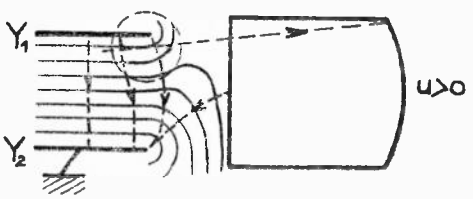


Fig. 8

Essayons de nous représenter (fig. 7) le champ électrique entre P_1 et P_2. Les lignes de force sont gauches, mais au voisinage de P_1 sont à peu près situées dans des plans parallèles à $y\ o\ z$.

On voit que si $u > o$ le pinceau électronique échappe à l'action de certaines lignes de force, et que cet effet est proportionnel à u et v ce qui est, nous l'avons vu, la caractéristique de l'effet de trapèze.

Pour supprimer cette influence réciproque, il suffit de placer entre P_1 et P_2 une grille à maille fine G_1 de

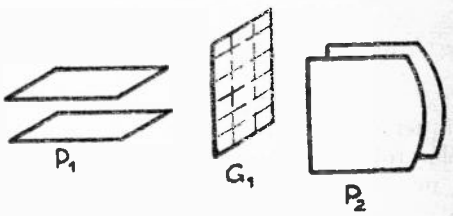


Fig. 9

cote z_1 parallèle à $x\ o\ y$ et portée au potentiel de l'anode. Les électrons qui frappent les fils de la grille provoquent une émission secondaire et ne concourent plus à la formation du spot, mais ceux qui passent entre les fils sont assez nombreux pour permettre les mesures. On constate ainsi que le trapèze diminue de 20 %.

B. — Variation de la composante axiale de la vitesse des électrons.

Après la traversée de G_1, les électrons ont une vitesse V telle que :

$$Vy^2 + Vz^2 = V^2 = \text{Cte.}$$

La projection sur $y\ o\ z$ de la trajectoire est définie par :

$$\begin{cases} dy = Vy\ dt \\ dz = Vz\ dt \end{cases}$$

d'où :

$$dy = Vy \cdot \frac{dz}{Vz}$$

et :

$$y = \int_a^o Vy \frac{dz}{Vz}$$

a étant la cote du centre de déviation en y.

Les plaques P_2 étant parallèles à $o\ y$, il semble

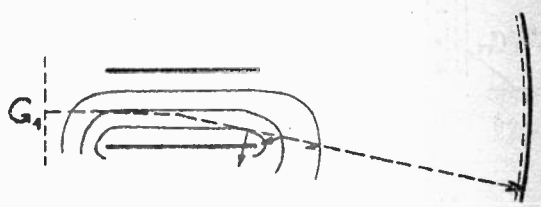


Fig. 10

possible d'admettre qu'il n'y a pas de composante du champ parallèle à $o\ y$, d'où :

$$y = Vy \int_a^o \frac{dz}{Vz}$$

Cette formule montre que y ne peut dépendre que de :

$$\int \frac{dz}{Vz}$$

Étudions donc l'influence de u sur Vz. La figure 10 montre que pour $u > o$ les électrons sont accélérés à l'entrée de P_2 et retardés à la sortie, cette action s'étendant théoriquement de G_2 à l'écran.

L'influence de P_2 étant nulle pour $z < z_1$, nous sommes ramenés à étudier :

$$\int_{z_1}^{o} \frac{dz}{Vz}$$

Logiquement, cette étude aurait dû se faire à la cuve électrolytique. Nous avons pu nous en dispenser. Il ne s'agit pas en effet de mesurer

$$I = \int_{z_1}^{o} \frac{dz}{Vz}$$

mais de diminuer l'influence de u sur I.

Pour cela, il ne semble pas y avoir d'autre méthode que d'introduire une grille G_2 de cote z_2, parallèle à G_1, située entre P_2 et l'écran et portée au potentiel de l'anode. Cela nous conduit à construire un tube muni de deux grilles G_1 et G_2 où l'effet de trapèze est réduit de 40 % environ.

La variation de vitesse axiale entre G_1 et G_2 est-elle susceptible de provoquer les 60 % de l'effet de trapèze encore inexpliqué ? Un calcul simple va nous montrer que c'est impossible.

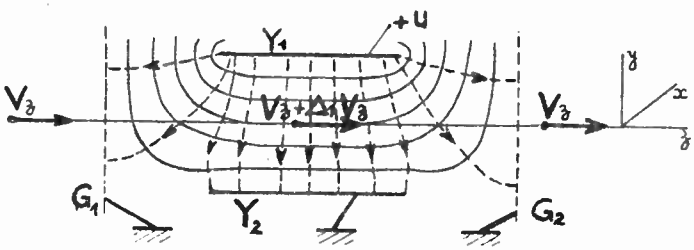


Fig. 11

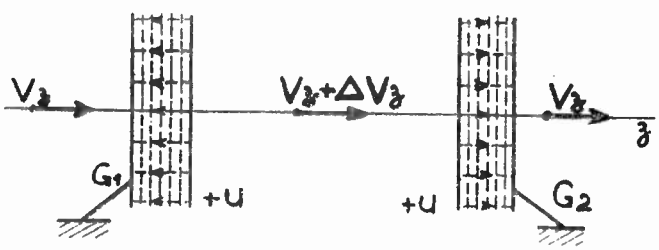


Fig. 12

$$y = Vy \int_{a}^{o} \frac{dz}{Vz} = Vy \left[\int_{a}^{z_1} \frac{dz}{Vz} + \int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{Vz} + \int_{z_2}^{o} \frac{dz}{Vz} \right]$$

Le potentiel u n'a aucune influence pour $z < z_1$:

$$\int_{a}^{z_1} \frac{dz}{Vz} \text{ ne dépend pas de } u.$$

Pour $z_2 < z < o$, le potentiel est constant et égal à celui de l'anode, donc :

$$V_x^2 + V_y^2 + V_z^2 = V^2 = \text{Cte}.$$

Nous avons déjà supposé que $V_y = \text{Cte}$ d'où :

$$V_x^2 + V_z^2 = \text{Cte}.$$

Ceci montre que V_z dépend de V_x^2 donc de u^2. La variation de y correspondante serait proportionnelle à $u^2 v$, ce qui, nous l'avons vu, ne provoque pas de trapèze, mais la courbure des lignes du balayage de télévision. Cet effet étant négligeable prouve que

$$\int_{z_1}^{o} \frac{dz}{Vz}$$

ne dépend pas de u et la variation de y en fonction de u ne peut provenir que de

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{Vz} :$$

$$y(u) = \text{Cte} + Vy \int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{V_z(z, u)}$$

$$\Delta y = Vy \int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{V_z(z, u)} - Vy \int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{V_z(z, o)} =$$

$$= Vy \int_{z_1}^{z_2} \left(\frac{1}{V_z(z, u)} - \frac{1}{V_z(z, o)} \right) dz$$

$$\Delta y = -Vy \int_{z_1}^{z_2} \frac{V_z(z, u) - V_z(z, o)}{V_z(z, o) \cdot V_z(z, u)} dz =$$

$$= -\frac{Vy}{V_z(z, o)} \int_{z_1}^{z_2} \frac{V_z(z, u) - V_z(z, o)}{V_z(z, u)} dz,$$

en remarquant que $V_z(z, o) = \text{Cte}$ dans l'intervalle (z_1, z_2). Posons :

$$| V_z(z, u) - V_z(z, o) | < \Delta, V_z$$

$$\Delta y < \frac{V_z \Delta V_z}{V_z(z, o)} \int_{z_1}^{z_2} \frac{d_z}{V_z(z, u)}$$

Comme V_z varie peu en fonction de z et de u :

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{d_z}{V_z(z, u)} \sim \frac{z_2 - z_1}{V_z(z, o)}$$

et

$$\Delta y < \frac{V_y \cdot \Delta, V_z \cdot (z_2 - z_1)}{V_z^2(z, o)}$$

Reprenons la formule :

$$y = V_y \int_{a}^{o} \frac{dz}{V_z},$$

Vz variant peu en fonction de z et de u, on peut aussi poser :

$$y \sim a \frac{V_y}{V_z}$$

d'où :

$$(6) \qquad \frac{\Delta y}{y} < \frac{z_2 - z_1}{a} \cdot \frac{\Delta, V_z}{V_z}$$

Il reste à évaluer Δ, V_z en fonction de u.

La variation $\Delta_1 V_z$ de V_z entre G_1 et G_2 est due au champ de fuite de P_2 comme le montre la figure 11.

Nous admettons que la variation de vitesse $\Delta_1 V_z$ est inférieure à celle ΔV_z produite par le même potentiel u donnant un champ axial comme le représente la figure 12.

Si $-E$ est le potentiel de la cathode, la vitssec V_z des électrons est donnée en G_1 et G_2 par :

$$\frac{1}{2} m V_z^2 = e E$$

en supposant que u est petit devant E, on en déduit :

$$\frac{\Delta V_z}{V_z} \simeq \frac{1}{2} \frac{u}{E}$$

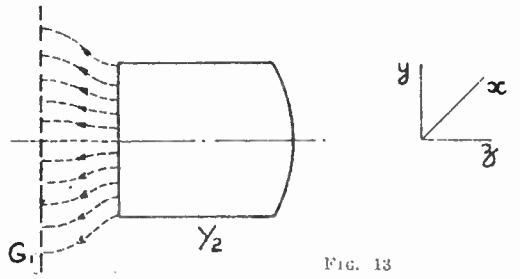


Fig. 13

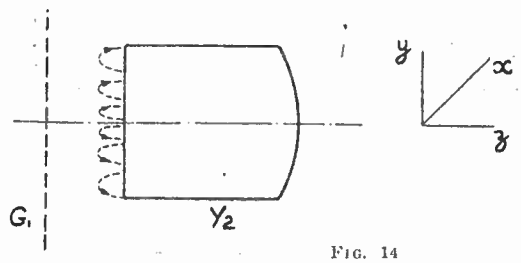


Fig. 14

La formule (6) devient alors :

$$\boxed{\frac{\Delta y}{y} < \frac{z_2 - z_1}{a} \cdot \frac{1}{2} \frac{u}{E}}$$

Prenons un exemple numérique pour nous rendre compte de l'ordre de grandeur de l'effet produit :

$$E = 1.000 \text{ Volts.}$$
$$u = 100 \text{ Volts.}$$
$$z_2 - z_1 = 4 \text{ cm.}$$
$$a = 16 \text{ cm.}$$
$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{4}{16} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{100}{1.000} = \frac{1}{80}$$

Les valeurs mesurées de $\frac{\Delta y}{y}$ sont environ 3 fois plus fortes.

En nous rappelant que $\Delta_1 V_z$ est certainement beaucoup plus petit que ΔV_z, nous conclurons que la variation de vitesse axiale provoque une distorsion trapézoïdale négligeable.

C. — Le champ des plaques P_2 présente des composantes parallèles à o y.

Reprenons la formule :

$$y = \int_a^o V_y \frac{dz}{V_z}$$

L'hypothèse V_y = Cte nous a conduit à un résultat contraire aux données expérimentales; il faut en conclure que Vy n'est pas constant et que le champ de P_2 possède des composantes parallèles à *oy*.

Les figures suivantes montrent, en projection sur les plans de coordonnées, l'allure des lignes de force au voisinage des plaques P_2.

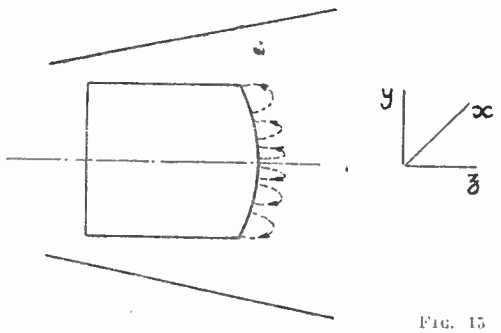


Fig. 15

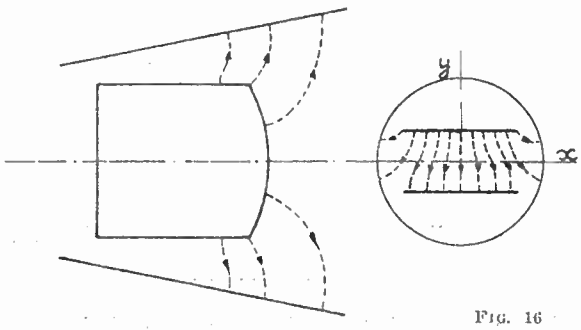


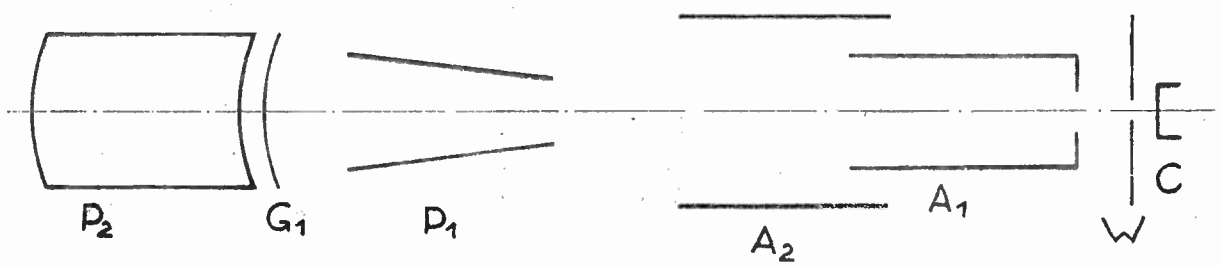
Fig. 16

CONCLUSION

La distorsion trapézoïdale est due principalement au champ de fuite des plaques P_2 ; c'est en agissant sur la forme de ce champ de fuite qu'il a été possible de corriger l'effet de trapèze. Le procédé le plus commode a été d'entailler le bord antérieur des plaques P_2 et d'introduire près de cette entaille un écran électrostatique G_1 fendu pour laisser passer le pinceau électronique.

Je voudrais en terminant, remercier M. Barthelemy. Après m'avoir donné les moyens d'effectuer cette étude dans les Laboratoires de la Compagnie des Compteurs, il a bien voulu m'autoriser à la publier.

Je suis aussi reconnaissant à M. Vassy d'avoir suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt ; son aide m'a été précieuse.



DEFINITION ET CARACTERISTIQUES DES COEFFICIENTS D'AMPLIFICATION BRUTE ET UTILE DES ÉTAGES AMPLIFICATEURS

par Roger LEGROS.

Institut de Physique de Nancy.

Laboratoire de M. Laporte,

SOMMAIRE

L'auteur montre qu'il existe dans un étage amplificateur (en particulier dans un étage basse fréquence non sélectif) deux tensions amplifiées différentes ; celle — dite tension amplifiée brute — qui prend naissance aux bornes de l'impédance anodique du tube, et celle qui est réellement utilisée, par exemple, pour actionner un appareil de mesures, un haut-parleur ou qui est appliquée à l'entrée d'un second étage amplificateur. C'est la tension amplifiée utile ; elle dérive de la tension amplifiée brute, mais la relation qui les lie n'est pas toujours simple. L'auteur montre, au moyen d'extraits d'ouvrages connus, que l'on ne distingue pas suffisamment ces deux tensions et qu'il peut en résulter des confusions ou des difficultés dans la compréhension du fonctionnement des étages amplificateurs. Il définit les coefficients d'amplification brute et utile correspondants et montre, sur deux exemples d'étages amplificateurs basse fréquence classiques, les différences qui peuvent exister entre les coefficients d'amplification brute et utile.

I. GENERALITES SUR LA DEFINITION DU COEFFICIENT D'AMPLIFICATION

Soit un dispositif amplificateur, m et E les bornes d'entrée entre lesquelles on applique la « tension d'entrée » à amplifier, que nous supposerons sinusoïdale : $v_e = V_e \sin \omega t$ ou $v_e = V_e . e^{j\omega t}$, m et S les bornes de sortie entre lesquelles on recueille la tension amplifiée ou « de sortie », également sinusoïdale : $v_u = V_u \sin (\omega t - \varphi_u)$ ou ${}_u v = V_u . e^{j(\omega t - \varphi_u)}$. Le « coefficient d'amplification » est généralement défini par le rapport $A = V_u/V_e$ ou $\alpha = v_u/v_e = A . e^{-j\varphi_u}$. Nous supposerons que A est indépendant de V_e.

Lorsqu'on dispose d'un amplificateur ne possédant que quatre bornes accessibles, deux d'entrée m et E et deux de sortie m et S, le calcul du rapport V_u/V_e ne présente aucune difficulté car V_u et V_e sont connus sans ambiguïté. Malheureusement il n'en va pas toujours de même et nous allons le montrer en extrayant quelques passages de trois livres connus, traitant des amplificateurs (1).

Note 1. — Ces citations, prises dans d'excellents ouvrages — principalement les deux premiers — ne sont pas des critiques ; elles ont uniquement pour but de montrer les difficultés auxquelles on se heurte presque obligatoirement quand on adopte des définitions vagues ou incomplètes ou quand on donne un même nom à des grandeurs parfois peu différentes dans la pratique, mais différentes dans leur nature. Nous conservons les notations des auteurs cités. Les numéros des figures sont également ceux que l'on trouve dans les ouvrages correspondants.

II. DEFINITIONS DU COEFFICIENT D'AMPLIFICATION PAR DIFFERENTS AUTEURS

a) MESNY (*Radioélectricité Générale*, Chiron, Edit.)

Tome II, chap. IV, § II, 4, page 96 : « le rapport d'amplification est le rapport entre les tensions de sortie et d'entrée d'un tube amplificateur. Considérons le schéma général de la figure 1 ; la tension de sortie est celle que l'on peut recueillir aux bornes de l'impédance Zp... »

« Le rapport d'amplification est $a = -v_p/v_g = z_p . i_p/v_g = \mu/(1 + R_i/z_p)$. »

Il en résulte que si Z_p est une résistance pure, A est un nombre réel *positif*.

R. MESNY indique en note : « Cette expression ne s'applique bien entendu, qu'au cas où la tension de sortie est prise aux bornes de l'impédance effectivement montée dans le fil de plaque ; elle est différente quand cette tension est prise aux bornes d'un transformateur ; mais c'est la seule qui nous sera utile dans le présent chapitre. » Cette remarque justifie bien la distinction que nous ferons par la suite.

On retrouve la même définition dans le § IV, 5, p. 97 : cependant, dans le chapitre suivant, chap. V, § I, 3, p. 109, il ressort de la figure 4 que la tension de sortie a_{g2} est égale, pour les fréquences

moyennes et élevées, à la tension anode-cathode du premier tube, donc (bien que l'auteur ne le spécifie pas) $a = + v_{a1}/v_{g1} = - z_p . i_p/v_{g1}$. En négli-

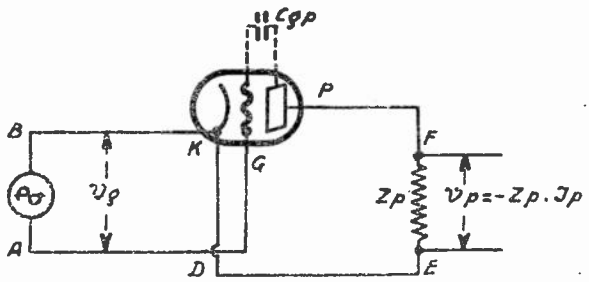


FIG. A (fig. 1 MESNY).

geant les déphasages accessoires dus aux capacités C_1 et C'_{kg}, a est alors un nombre réel *négatif*. On retrouve cependant une nouvelle contradiction quelques pages plus loin, chap. V, § II, 13, p. 127, où le coefficient d'amplification est écrit $a = \mu/(1 + R_1/z_p)$, ce qui correspond à la première définition.

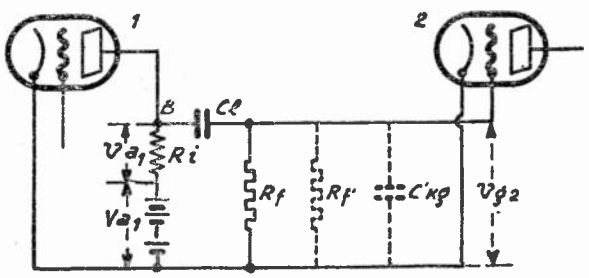


FIG. B (fig. 4 MESNY).

Nous voyons ainsi que lorsque la tension de sortie est prise aux bornes de l'impédance anodique Z_p, la valeur complexe a du coefficient d'amplification est peu différente d'un nombre réel positif. Il faut cependant remarquer que ce cas ne se rencontre jamais pratiquement, nous verrons plus loin pour quelle raison. Cependant, le coefficient ainsi calculé est utilisé dans l'étude de la réaction de la capacité grille-anode du tube. La seconde définition de a ($a = v_{g_2}/v_{g1} = - z_p . i_p/v_{g1}$) correspond aux étages amplificateurs tels qu'ils sont réellement utilisés. Le coefficient A est alors peu différent d'un nombre réel négatif aux fréquences moyennes (φ_u peu différent de π).

b) MARK (*Amplificateurs basse-fréquence*, trad. franç., Dunod, Edit.).

Tome I, Introduction, § 3, p. 10, l'auteur définit le coefficient d'amplification K par le rapport U_2/U_1 où U_1 et U_2 sont respectivement les tensions d'entrée et de sortie.

Dans la première partie, relative aux amplificateurs à résistance, chap. I, § 2, p. 36, la définition de K est précisée : $K = .. = \mu . R_a/(R_1 + R_a)$. L'auteur prend la tension U_2 aux bornes de la résistance anodique R_a. On retrouve la même définition dans le paragraphe suivant (p. 47) relative au cas d'une charge anodique complexe Z_a : $\frac{K}{\mu} = Z_a/(R_1 + Z_a)$

Dans la seconde partie, cependant (amplificateurs de tension) chap. I, § I, p. 81, l'auteur donne une nouvelle définition de K : $K = U_{g2}/U_{g1}$. On retrouve donc le même changement de définition que dans MESNY.

c) BARKAUSEN. (*Les Tubes à vide et leurs applications*. Trad. franç., Dunod, Edit.).

Dans le tome II, B, § 29, p. 194, l'auteur définit « l'amplification de tension » par le rapport $V = U_{g2}/U_{g1}$, U_{g1} et U_{g2} étant respectivement, les composantes sinusoïdales des tensions appliquées à l'entrée de l'étage considéré et à l'entrée de l'étage qui le suit (fig. 79).

Cependant, dans le paragraphe 30, relatif à la réaction d'anode due à la capacité grille-anode C_{ga}, l'auteur définit le « rapport des tensions » par $W = - U_a/U_g$, c'est-à-dire en tenant compte de l'expression 4) du § 3, p. 9 $U_a = - R_a . I_a$, $W = \mu/(1 + R_1/R_a)$, dans le cas d'un amplificateur à résistance. Cette définition concorde avec la première définition de MESNY. L'auteur ajoute :

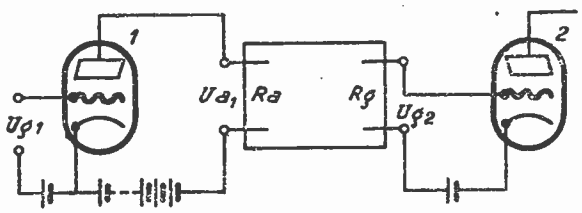


FIG. C (fig. 79 BARKHAUSEN).

« Pour le montage de liaison étudié au § 29 (fig. 79 de BARKHAUSEN) et dans le cas d'un couplage par résistance, le rapport W des tensions sur le premier tube est directement égal à l'amplification de tension V. » Il y a là une contradiction puisque $W = - U_a/U_g$ tandis que $V = U_{g2}/U_{g1} = U_{a1}/U_{g1}$ (en tenant compte de l'expression 156 du § 29, p. 197).

Nous retrouvons donc ici les mêmes définitions que dans les livres de MESNY et de MARK, avec cette différence toutefois, que l'auteur distingue le rapport $V = U_{g_2}/U_{g1}$ correspondant à la tension amplifiée réellement utilisable et le rapport $W = R_a . I_a/U_g$ correspondant à la tension amplifiée développée dans le circuit anodique du tube, quelle que soit la tension U_{g2}.

En résumé, il résulte des passages que nous venons de citer, que l'on appelle coefficient d'amplification tantôt le rapport $Z_a I_a/V_e$ (Z_a étant le module de l'impédance anodique du tube, I_a l'amplitude maxima de la composante sinusoïdale du courant anodique et V_e l'amplitude maxima de la tension sinusoïdale d'entrée), tantôt le rapport V_u/V_e ou V_{g2}/V_{g1}, (V_u étant la tension de sortie de l'étage amplificateur, que l'on peut par exemple appliquer aux bornes d'entrée d'un second étage amplificateur). Lorsque $Z_a I_a$ et V_u sont très différents, comme par exemple dans le cas d'un étage à transformateur, il ne peut guère en résulter de confusion, pour cette

raison même, quoi qu'on donne un même nom à des grandeurs très différentes ; dans de nombreux cas, cependant (étages à résistance par exemple), l'amplitude $Z_a\ I_a$ est voisine de celle de V_u dans une grande partie du domaine des fréquences amplifiées, de sorte que les confusions entre $Z_a\ I_a$ et V_u sont presque obligatoires, ce qui gêne beaucoup la compréhension du fonctionnement de ces étages.

Il semble que la plupart de ces difficultés pourraient être évitées si l'on donnait des noms différents aux rapports $Z_a\ I_a/V_e$ et V_u/V_e. C'est ce que nous allons montrer en considérant tout d'abord les principaux types d'étages amplificateurs basse fréquence, puis, en mettant en évidence les principales caractéristiques des tensions $Z_a\ I_a$ et V_u. Nous préciserons ensuite ces caractéristiques au moyen de deux exemples.

III. LES PRINCIPAUX TYPES D'ETAGES AMPLIFICATEURS B. F.

Les étages amplificateurs non-sélectifs (et plus spécialement les étages B. F.) utilisés pratiquement, se ramènent à deux types (fig. 1) :

— les étages à impédance anodique, à liaison par résistance-capacité.

— les étages à transformateurs de liaison.

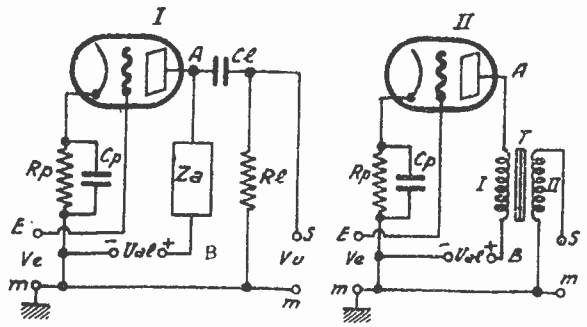


FIG. 1.

I. Etage amplificateur à impédance de charge, à liaison par résistance-capacité.

II. Etage amplificateur à transformateur de liaison.

Dans le premier type l'impédance anodique Z_a peut être constituée ou bien par une résistance shuntée par diverses capacités, ou bien par une inductance, ou bien enfin par une association de résistances, inductances et capacités (amplificateurs corrigés).

Pour les types I et II, la résistance R_p shuntée par C_p permet de polariser négativement la grille du tube par rapport à sa cathode. La valeur de C_p est toujours très grande de sorte que l'on peut admettre que l'impédance constituée par R_p et C_p est nulle pour les courants alternatifs.

IV. DEFINITION DES TENSIONS AMPLIFIEES BRUTE ET UTILE ET DES COEFFICIENTS D'AMPLIFICATION CORRESPONDANTS

Ainsi que le montrent les schémas de la figure 1, la tension d'entrée v_e est toujours appliquée entre la grille et la masse « m » métallique du châssis, portée à un potentiel fixe (généralement celui du sol). La tension réellement utilisable, qui est la tension alternative de sortie v_u, est recueillie entre deux points dont l'un est encore le point « m ». Nous l'appellerons la tension amplifiée utile.

Soient i_a et v_a les composantes alternatives (sinusoïdales) instantanées du courant anodique et de la différence de potentiel existant entre les bornes de Z_a et posons $i_a = I_a . \sin(\omega t - \theta_a)$ ou $i_a = I_a . e^{j(\omega t - \theta a)}$; $v_b = V_b . \sin(\omega t - \varphi_b)$ ou $v_b = V_b . e^{j(\omega t - \varphi b)}$ avec $V_b = Z_a . I_a$ ou $v_b = z_a . i_a$.

Contrairement à la tension d'entrée v_e et à la tension de sortie v_u, cette tension amplifiée v_b ne possède aucun point commun avec la masse « m ». Elle n'est donc pas directement utilisable en temps que tension amplifiée et nous l'appellerons, pour cette raison, la tension amplifiée brute.

Nous définissons ainsi le *coefficient d'amplification utile* : $A_u = V_u/V_e$ ou $a_u = v_u/v_e = A_u . e^{-j\varphi u}$ et le *coefficient d'amplification brute* : $A_b = V_b/V_e$ ou $A_b = V_b/V_e = A_b . e^{-j\varphi b}$.

V. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES COEFFICIENTS D'AMPLIFICATION BRUTE ET UTILE

Parmi les propriétés principales de A_u et A_b on peut citer :

a) si μ est le pouvoir amplificateur du tube A_u/μ peut prendre toutes les valeurs comprises entre zéro et l'infini tandis que A_b/μ ne peut jamais être supérieur à 1. Dans le cas d'un étage amplificateur à impédance anodique, à liaison par résistance-capacité, on sait que A_u est inférieur ou au plus égal à μ. Dans un étage à transformateur B. F. de liaison de rapport n ($n > 1$), A_u est dans la plus grande partie du domaine des fréquences amplifiées, égal ou voisin de $n.\ \mu$, de sorte que le rapport A_u/μ est supérieur à 1.

Soit Z_a l'impédance de charge (impédance totale comprise entre les points A et B de la fig. 1). Posons, ce qui est toujours possible, $z_a = A + j.\ B$ d'où $Z_a = \sqrt{A^2 + B^2}$, A et B étant en général fonction de la fréquence. On sait que si R_i est la résistance interne du tube, on a : $v_b = z_a . i_a = \mu . V_e . z_a/(R_i + z_a)$ d'où $a_b = \mu . z_a/(R_i + z_a) = \mu . (A + j\ B)/(R_i + A + j\ B)$ et $A_b = \mu . \sqrt{(A^2 + B^2)/[(R_i + A)^2 + B^2]}$

soit $A_b/\mu = \sqrt{(A^2 + B^2)/(R_i + A)^2 + B^2]} = 1/\sqrt{1 + R_i\ (R_i + 2\ A)/Z^2_a}$

Cette dernière expression montre bien que quelle que soit la valeur de Z_a, le rapport A_b/μ est toujours inférieur à 1.

b) Les variations de A_u et de a_b (ou de A_u et de a_b) en fonction d'un élément quelconque du montage, ou en fonction de la fréquence $f = w/2\ \pi$ de la tension d'entrée peuvent être tout à fait différentes. Nous mettrons ce point en relief dans les paragraphes 6 et 7 suivants.

c) Dans un étage amplificateur, on n'a souvent à considérer que le coefficient d'amplification utile A_u. Cependant, le coefficient d'amplification brute

A_b est le seul qui doit intervenir lorsque l'on considère l'influence de la capacité grille-anode C_{ga} du tube sur l'impédance d'entrée de l'étage amplificateur. On calcule aisément (voir MESNY, *Radioélectricité Générale*, tome II, chap. IV, § 2, p. 97) que tout se passe comme si le générateur connecté aux bornes d'entrée m et E de l'étage considéré débitait sur une impédance Z_g telle que $I/z_g = j\,w\,C_{ga}\,(1 + a_b)$ que l'on peut mettre sous la forme d'une capacité $\gamma_g = (1 + A_b \cos \varphi_b)$. C_{ga} shuntée par une résistance $\rho_g = 1/wA_b\,C_{ga} \sin \varphi_b$ en tenant compte de ce que $a_b = A_b\,e^{-j\varphi b}$.

Remarquons que l'on écrit généralement Z_g sous la forme $1/z_g = j\,w\,C_{ga}\,(1 + a)$ en disant simplement que A est la valeur complexe du coefficient d'amplification de l'étage. Or, d'une façon générale, on entend par « coefficient d'amplification » d'un étage amplificateur, ce que nous avons appelé le « coefficient d'amplification *utile* ». Il en résulte que, si l'on ne fait pas le raisonnement complet qui conduit à l'expression de Z_g, on est amené à remplacer a_b par une expression qui n'est autre que celle de a_u, ce qui revient à remplacer A_b et φ_b par les valeurs toutes différentes A_u et φ_u. L'erreur qui en résulte est le plus souvent très considérable, comme on peut s'en rendre compte en se reportant aux deux paragraphes suivants.

Nous allons maintenant montrer, sur deux exemples, les différences qui existent entre les variations des coefficients d'amplification brute et utile et celles des déphasages des tensions correspondantes.

Ces exemples portent sur deux types d'étages tout à fait classiques dans la technique des amplificateurs non sélectifs.

VI. VARIATIONS, EN FONCTION DE LA FREQUENCE, DE A_b, DE φ_b, DE A_u ET DE φ_u, DANS LE CAS D'UN ETAGE AMPLIFICATEUR A RESISTANCE A LIAISON PAR RESISTANCE ET CAPACITE.

Nous admettrons que le schéma de l'étage amplificateur est celui de la figure 2.

Nous ferons les hypothèses suivantes :

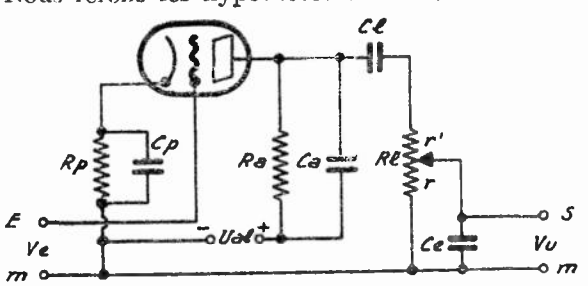


FIG. 2.
Schéma d'un étage amplificateur à sortie potentiométrique, à résistance anodique et liaison par résistance-capacité.

a) Les caractéristiques du tube sont linéaires ! sa résistance interne est R_i, son pouvoir amplificateur est μ ;

b) La capacité du condensateur C_p est suffisamment grande pour qu'on puisse négliger l'impédance $Z_p = R_p/\sqrt{1 + (wR_p\,C_p)^2}$ à toutes les fréquences ;

c) Nous admettrons que les éléments caractéristiques de l'étage ont les valeurs suivantes : $\mu = 80$ $R_i = 80.000$ ohms, $R_a = 200.000$ ohms $C_a = 20\ p$ F $R_l = 500.000$ ohms $C_c = 100\ p$ F et $C_l = 0{,}1\ \mu$ F.

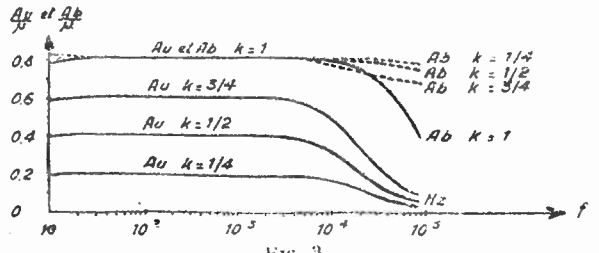


FIG. 3.
Variations, en fonction de la fréquence f et de k, du coefficient d'amplification utile A_u (en traits pleins) et du coefficient d'amplification brute A_b (en traits interrompus).

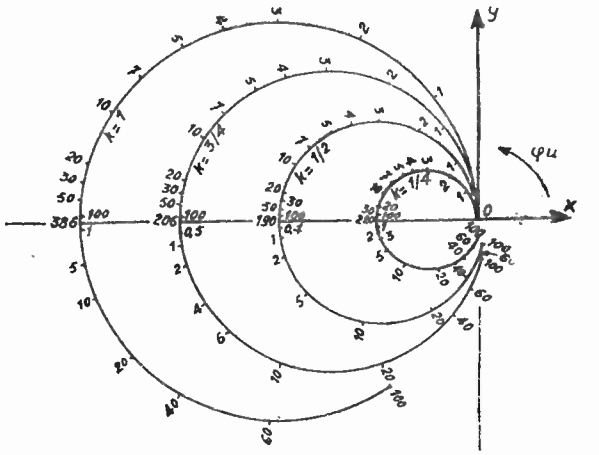


FIG. 4.
Diagramme polaire du coefficient d'amplification utile A_u pour quatre valeurs du paramètre k. Les fréquences sont exprimées en Hz pour les angles inférieurs à π et en KHz pour les angles supérieurs.

La place dont nous pouvons disposer ne nous permettant pas de développer les calculs de A_b, φ_b, A_u et φ_u, nous ne donnerons que leurs valeurs en fonction de la fréquence, pour quatre valeurs du paramètre $k = r/(r + r')$, à savoir : $k = 1$, $k = 1/2$, $k = 3/4$ et $k = 1/4$.

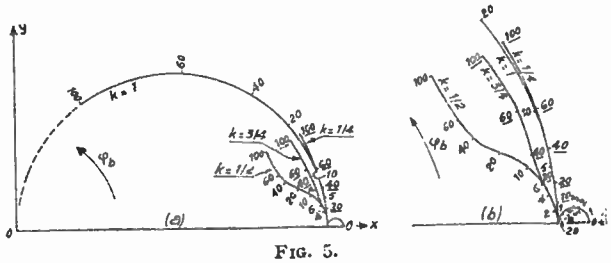


FIG. 5.
Diagramme polaire du coefficient d'amplification brute A_b pour quatre valeurs du paramètre k. Les fréquences de la figure 5 *a* sont exprimées en KHz.
Fig. 5*a* : Diagramme complet.
Fig. 5*b* : Portion du diagramme pour $\varphi_b < 20°$ donnant le détail des courbes correspondant à $k = 0{,}75$ $k = 0{,}5$ et $k = 0{,}25$.

La figure 3 donne les variations de A_b et de A_u entre 10 Hz et 100 KHz pour ces quatre valeurs de k.

Les figures 4 et 5 représentent ces mêmes variations, mais en coordonnées polaires. Ces deux dernières figures mettent en évidence mieux encore que les courbes de la figure 3 les différences qui existent entre les coefficients d'amplification brute et utile.

VII. VARIATIONS, EN FONCTION DE LA FREQUENCE, DE A_b, DE φ_b, DE A_u ET DE φ_u, DANS LE CAS D'UN ETAGE AMPLIFICATEUR A TRANSFORMATEUR BASSE FREQUENCE DE LIAISON.

Nous allons maintenant envisager le cas d'un étage amplificateur à transformateur B. F. de liaison. Le schéma de l'étage est donné par la figure 6 *a*, le schéma du circuit électrique équivalent est celui de la figure 6 *b*.

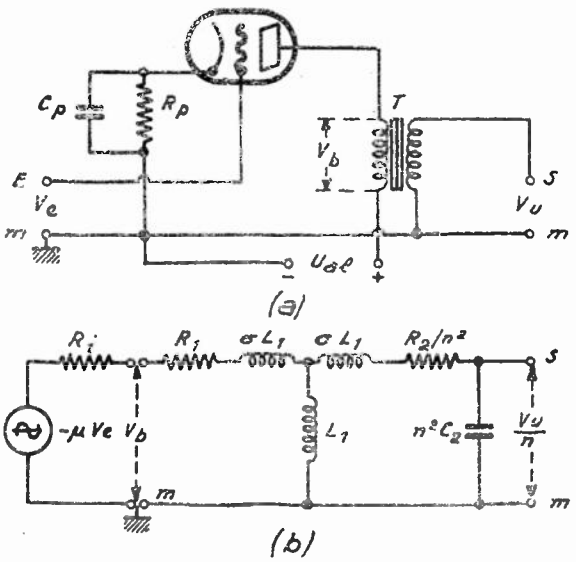


FIG. 6.

a) Schéma de l'étage amplificateur.
b) Schéma du circuit électrique équivalent.

En plus des hypothèses *a*) et *b*) du paragraphe précédent, nous supposerons qu'il s'agit d'un transformateur B. F. ordinaire, dont le secondaire est connecté à un appareil dont l'impédance d'entrée est celle d'un condensateur. Nous négligerons les pertes dans le fer, la capacité shuntant le primaire ainsi que celle qui existe entre le primaire et le secondaire. De plus, nous admettrons que les éléments de la figure 6 ont les valeurs suivantes :

Inductance du primaire : $L_1 = 50$ henrys ; résistance $R_1 = 2.000$ ohms ; inductance du secondaire $L_2 = 500$ henrys ; résistance secondaire $R_2 = 30.000$ ohms, capacité shuntant le secondaire $C_2 = 100$ pF ; coefficient de fuites $\sigma = 6.10^{-3}$; rapport de transformation $n = \sqrt{L_2/L_1} = \sqrt{10}$.

Pour les raisons indiquées précédemment, nous ne donnerons que les résultats du calcul complet de A_b, φ_b, A_u, et φ_u.

La figure 7 donne les variations de A_b et de A_u La figure 8 celles de φ_b et φ_u. On constate combien elles sont différentes.

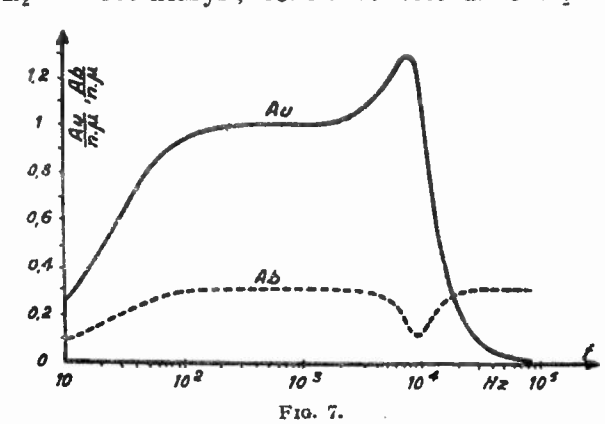


FIG. 7.

Variations, en fonction de la fréquence, du coefficient d'amplification utile (courbe en trait plein) et du coefficient d'amplification brute (courbe en trait interrompu).

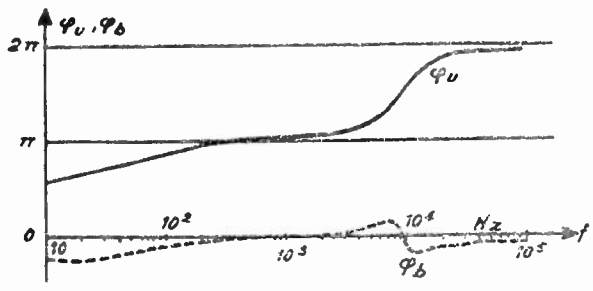


FIG. 8.

Variations, en fonction de la fréquence, des angles de déphasage φ_u (courbe en trait plein) et φ_b (courbe en traits interrompus).

Les courbes des figures 9 et 10, donnent, enfin, les mêmes variations mais en coordonnées polaires. Elles mettent en évidence, d'une façon remarquable, les différences fondamentales existant entre les tensions amplifiées brute et utile. On notera que, pour des raisons de clareté, ces diagrammes polaires ont eté dessinés à des échelles différentes, le rayon-vecteur de la figure 10 ayant été multiplié par le facteur $n = \sqrt{10}$.

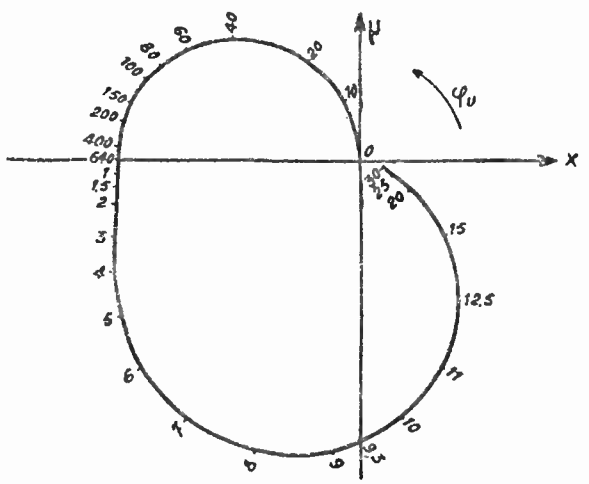


FIG. 9.

Diagramme polaire du coefficient d'amplification utile A_u. Les fréquences inférieur s à 640 Hz sont exprimées en Hz, les fréquences supérieures en KHz.

VIII. CONCLUSION

Nous avons montré, dans le paragraphe 2 les difficultés qui se présentent lorsque l'on ne distingue pas formellement les tensions amplifiées Z_a i_a et v_u, qui diffèrent parfois profondément par leurs am-

plitudes et leurs déphasages par rapport à la tension d'entrée à amplifier.

Nous pensons avoir mis suffisamment ce point en relief.

— D'une part dans le paragraphe 5 en donnant les caractéristiques principales des tensions $v_b = Z_a i_a$ et v_u (ou des coefficients d'amplification correspondant) et en montrant qu'elles jouent des rôles tout à fait différents ;

— D'autre part dans les paragraphes 6 et 7, en considérant deux types courants d'étages amplificateurs pour lesquels nous avons donné les résultats du calcul de A_b, φ_b, A_u et φ_u.

L'examen, même superficiel, des courbes des figures 3, 4, 5, 7, 8, 9 et 10 montre, sur des exemples, les différences profondes qui existent entre les grandeurs considérées et qui justifient, à notre avis, la distinction que nous avons établie, entre les tensions amplifiées brute et utile et entre les coefficients d'amplification correspondants.

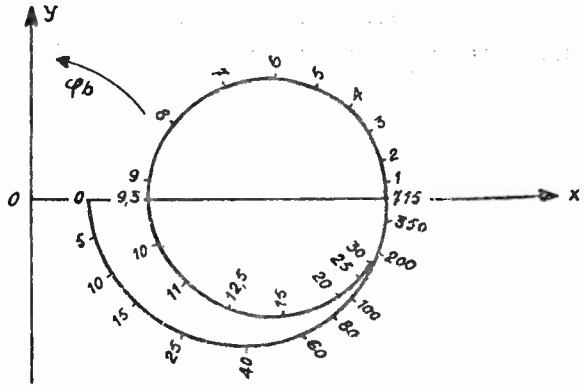


FIG. 10.

Diagramme polaire du coefficient d'amplification brute A_b. Les fréquences inférieures à 715 Hz sont exprimées en Hz. Les fréquences supérieures en KHz.

Noter que, pour des raisons de clarté, les diagrammes des figures 9 et 10 ne sont pas dessinés à la même échelle : le rayon-vecteur de la figure 10 a été multiplié par le facteur $n = \sqrt{10}$ (« n » étant le rapport de transformation du transformateur.)

REMARQUE SUR LES CONDENSATEURS A CAPACITE VARIABLE

par MM. PARODI et RAYMOND

Docteurs ès Sciences

Soit à réaliser un condensateur à capacité variable, constitué par une armature fixe A, formée par un demi-plan, et une armature mobile B, également plane, qui tourne autour d'un axe O placé sur le bord de l'armature A et perpendiculaire aux plans des deux armatures (fig. 1).

En négligeant les effets marginaux on cherche à déterminer la forme du contour qui limite l'armature B pour que la variation de la capacité en fonction de la position relative de A et B suive une loi donnée $g(\theta)$, θ étant l'angle, compté positivement dans le sens indiqué sur la figure, de deux directions repérées Ox et Oy liées l'une à A, l'autre à B ; la fonction $g(\theta)$ est évidemment positive pour le domaine de variation de θ $(0, 2\pi)$ qui nous intéresse.

Soient ρ et α les coordonnées polaires d'un point M du contour de l'armature B, α étant compté positivement à partir de Oy dans le sens indiqué sur la figure ; si e est la distance des armatures, la capacité C du condensateur est, pour une valeur donnée de θ,

$$C = \frac{1}{4\pi e}\int_{\theta-\pi}^{\theta} \rho^2(\alpha)\,d\alpha$$

et l'équation intégrale permettant de déterminer $\rho(\alpha)$ est :

$$\frac{1}{4\pi e}\int_{\theta-\pi}^{\theta} \rho^2(\alpha)\,d\alpha = g(\theta)$$

Posons : $\alpha = \theta - y$, $d\alpha = -dy$, il vient :

$$\int_{0}^{\pi} \rho^2(\theta - y)\,dy = 4\pi e\,.\,g(\theta)$$

ou, en écrivant : $\rho(\theta) = \sqrt{f(\theta)}$

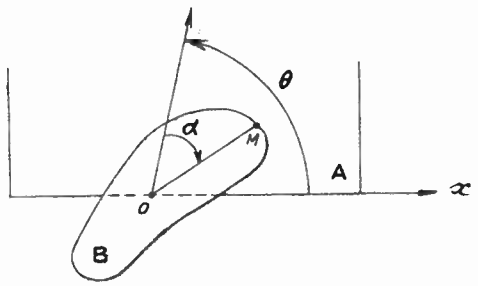
$$\int_{0}^{\pi} f(\theta - y)\,dy = 4\pi e\,.\,g(\theta) \qquad (1)$$

Pour résoudre cette équation nous aurons recours au calcul symbolique et nous utiliserons une méthode préconisée par l'un de nous dans un travail antérieur (1) ; nous supposerons que $f(\theta)$ et $g(\theta)$ sont les transformées de Laplace de deux fonctions $F(x)$ et $G(x)$; dans ces conditions l'équation (1)

(1) Parodi, Cr. Ac. Sc. 29 octobre 1945, p. 485.

peut être considérée comme provenant par une transformation de Laplace de paramètre θ effectuée sur la variable x, de l'équation :

$$\int_0^{\pi} e^{xy} F(x)\, dy = 4\pi e \,.\, G(x) \qquad (2)$$



On en déduit :

$$F(x) = 4\pi e \frac{G(x)}{\int_0^{\pi} e^{xy}\, dy} = 4\pi e \frac{x\ G\ (x)}{e^{\pi x} - 1}$$

$$= 4\pi e x\, G(x) \sum_{n=1}^{n=\infty} e^{-n\pi x}$$

Or, on a les correspondances symboliques :

$x\ G\ (x) \supset -\frac{d}{d\theta} g(\theta)$ si $G(x) > g(\theta)$

$e^{-\lambda x} K(x) \supset \underline{k}(\theta + \lambda)$ si $K(x) > \underline{k}(\theta)$

Il en résulte :

$$f(\theta) = -4\pi e \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{d}{d\theta} g(\theta)\right]_{\theta = \theta + n\pi}$$

$$= 4\pi e \sum_{n=1}^{\infty} g'(\theta + n\pi)$$

L'équation polaire du contour de la palette mobile est ainsi :

$$\rho(\alpha) = \sqrt{-4\pi e \sum_{n=1}^{\infty} g'(\alpha + n\pi)}$$

Pour que le problème soit possible, il faut que la série qui figure sous le signe somme soit convergente et ait une somme négative.

Remarque. — Dans le cas où cette méthode n'est pas applicable, on peut chercher une solution du problème en imposant à la palette mobile une structure particulière et en limitant la variation de θ à l'intervalle (0, π).

Supposons que la palette mobile ne comporte que des points correspondant à des valeurs de α comprises entre 0 et π. L'équation intégrale donnant l'équation du contour de B s'écrit :

$$\frac{1}{4\pi e} \int_0^{\theta} \rho^2(\alpha)\, d\alpha = g(\theta)$$

et l'on a immédiatement :

$$\rho(\pi) = \sqrt{4\pi e\, g'(\alpha)} \qquad 0 < \alpha < \pi$$

à condition que : $g(0) = 0$.

LA CONFERENCE DES TELECOMMUNICATIONS DE MOSCOU

par le Commandant LOYEN,

du *C. C. T. I.*

Sur l'invitation du Gouvernement Soviétique, une Conférence à laquelle ont participé des délégations des cinq grandes puissances s'est tenue à Moscou, du 28 septembre au 21 octobre, dans le but de discuter diverses questions se rapportant à la future Conférence Mondiale des Télécommunications.

Il n'est peut-être pas inutile, avant d'exposer les résultats de cette Conférence, d'indiquer les raisons qui l'ont motivée :

I. — La plus impérieuse de toutes, sans aucun doute, répond au souci de remédier rapidement à la congestion du spectre des fréquences radioélectriques qui existe depuis longtemps à l'état latent, mais que la guerre a sérieusement aggravée.

En effet, tandis que les exigences des opérations militaires entraînaient : d'une part la désorganisation des Radiocommunications internationales, d'autre part, une augmentation considérable des besoins de certains services (en particulier ceux de l'Aéronautique) et le développement de techniques nouvelles dans des gammes de fréquences jusqu'alors inexploitées, le Tableau général de Répartition des Fréquences, par contre, restait inchangé en raison de la suspension des réunions des Conférences administratives des Radiocommunications (1).

Il résulte de ce concours de circonstances que l'élaboration d'un nouveau tableau de répartition des fréquences s'impose d'urgence, mais c'est une tâche qui ne peut pas être entreprise avant 1948 si l'on se conforme aux stipulations de la Convention de Madrid relatives à la Convocation des Conférences.

Dans les conjonctures actuelles c'est un délai qui paraît trop long.

Aussi, en inscrivant la question suivante :

Date et lieu de la prochaine Conférence Mondiale des Télécommunications en tête de la liste des questions à l'ordre du jour, la Conférence de Moscou a marqué l'importance qu'elle attachait à trouver une solution qui permette d'abréger ce délai.

II. — La seconde préoccupation majeure qui fut à l'origine de la Conférence de Moscou est dictée par le désir de donner à l'U. I. T. des moyens d'action plus efficaces que dans le passé ; elle a conduit à envisager :

1° *La modification de la structure de l'U. I. T.*, de manière à offrir à cet organisme la possibilité de régler en permanence les problèmes relatifs aux Télécommunications Internationales qui réclament une solution urgente, ce qu'il n'est pas statutairement habilité à faire actuellement dans l'intervalle des Conférences Mondiales ;

2° *La création d'un Comité central d'Enregistrement des Fréquences*, dans le but d'obtenir un meilleur rendement du spectre des fréquences.

Pour accomplir ces réformes de structure, il sera nécessaire de réviser la Convention de Madrid et de réunir en conséquence, une Conférence de Plénipotentiaires.

Ajoutons que cette dernière, suivant en cela les recommandations de la Commission provisoire des Transports et des Communications du Conseil Economique et Social de l'O. N. U. aura encore à se prononcer sur la question suivante :

Modalités de rattachement de l'U. I. T. à l'O. N. U.

III. — Enfin la Conférence de Moscou a eu pour objectif général de faciliter les délibérations de la future Conférence Mondiale des Télécommunications.

C'est dans cet esprit qu'elle a examiné les propositions de modifications aux trois règlements annexés à la Convention de Madrid, qui ont été présentées par les cinq puissances réunies à Moscou.

Elle espère que la publication par le B. U. I. T. des échanges de vues auxquels ces études ont donné lieu, jointe à celle des procès-verbaux des discussions relatives aux problèmes précédents, constituera un ensemble de documentation qui devrait faciliter, à tous les pays membres de l'U. I. T. l'établissement de leurs propres propositions par la future Conférence Mondiale.

Nous passerons maintenant rapidement en revue les recommandations adoptées par la Conférence sur les principales questions de l'ordre du jour.

I. — *Date et lieu des prochaines Conférences Mondiales.*

Ces Conférences devraient s'échelonner comme il est indiqué ci-dessous.

1° *Conférence administrative des Radiocommunications le 15 mai 1947.*

Elle aurait à traiter les questions suivantes :

— Révision du Règlement général des Radiocommunications ;

(1) Ces Conférences se réunissaient en principe tous les cinq ans : la dernière en date eut lieu au Caire, en février 1938 ; la suivante était prévue en 1942, une autre devrait se tenir actuellement ou serait en préparation pour 1947.

Une de leurs tâches essentielles était de réviser le Tableau général de Répartition des Fréquences (art. 7 du Règlement général des Radiocommunications) en fonction des besoins nouveaux qui s'étaient manifestés dans l'intervalle de deux Conférences et des perfectionnements techniques survenus pendant ce laps de temps.

— Etablissement d'un nouveau tableau d'allocation de fréquences entre les différents services ;

— Organisation d'un Comité International d'Enregistrement des fréquences et procédure d'enregistrement ;

— Elaboration d'une nouvelle liste des fréquences.

2° *Conférence de Plénipotentiaires le 1er juillet* 1947, afin d'entreprendre :

— La révision de la Convention Internationale des Télécommunications ;

— La réorganisation de l'Union Internationale des Télécommunications.

3° *Conférence de radiodiffusion ondes courtes* aussitôt après la clôture de la Conférence des Radiocommunications.

Elle aurait pour tâche d'établir un plan mondial pour la répartition des fréquences entre les stations de Radiodiffusion sur ondes courtes.

4° *Conférences administratives Télégraphique et téléphonique* en 1948, pour procéder à la révision des Règlements correspondants.

Les trois premières Conférences devraient se tenir dans un même lieu qui n'a pas été précisé. Paris est proposé comme siège de la quatrième.

II. — *Modalités de rattachement de l'U. I. T. et l'O. N. U.*

L'étude de cette question serait confiée à un Comité d'Experts convoqué par l'O. N. U., afin de préparer un projet d'accord entre l'O. N. U. et l'U. I. T., projet qui serait *soumis* à la Conférence de Plénipotentiaires.

III. — *Renforcement de l'Organisation de l'U. I. T.*

Des échanges de vues qui ont eu lieu à Moscou sur ce sujet, il ressort que le fonctionnement de l'Union devrait être assuré par les organismes suivants :

— Les Conférences de Plénipotentiaires ;

— Le Conseil administratif et son Bureau ;

— Les Commissions et Comités ;

— Le Secrétariat.

1) *Les Conférences de Plénipotentiaires*, organisme suprême de l'Union, se réuniraient tous les quatre ans.

Elles procéderaient à l'élection des membres du Conseil administratif, détermineraient les fonctions particulières de ce dernier et approuveraient, en dernier ressort, le budget et les comptes de gestion financière.

2) *Le Conseil administratif* serait composé de N membres (11 à 15).

Il se réunirait régulièrement au moins deux fois par an, exceptionnellement chaque fois que cela serait nécessaire.

Entre autres attributions il serait chargé :

— de la convocation des Conférences ;

— d'examiner les comptes de gestion, et de les présenter aux Conférences de Plénipotentiaires.

Enfin il nommerait le Secrétaire général de l'Union.

3) *Le Bureau du Conseil administratif* serait un organisme permanent remplissant, dans l'intervalle des sessions du Conseil, les fonctions de celui-ci.

Il serait constitué par le président et le vice-président du Conseil administratif.

Il y aurait en principe, un vice-président pour les questions d'ordre général, et autant de vice-présidents qu'il serait nécessaire pour les questions techniques.

4) *Les Commissions et Comités* comprendraient :

— *Les Comités Consultatifs actuels : C. C. I. R., C. C. I. T., C. C. I. F.* Le mode de fonctionnement des deux premiers s'inspirerait de celui du C. C. I. F. Il existerait en conséquence, pour ces trois Comités consultatifs, des Commissions permanentes de Rapporteurs et des Laboratoires d'Etudes et d'Essais.

— *Deux nouveaux Comités :*

— *Le Comité International du Code des Signaux ;*

— *Le Comité central d'Enregistrement des Fréquences*, qui serait composé de N membres (le chiffre 9 a été proposé), élus par la Conférence administrative des Radiocommunications pour quatre ans. Les tâches essentielles de ce Comité consisteraient :

a) A effectuer un enregistrement méthodique des assignations de fréquences qui ferait foi en cas de contestations relatives aux priorités internationales ;

b) A jouer le rôle de conseiller technique en vue de l'utilisation du plus grand nombre de voies de communication dans une portion donnée du spectre des fréquences ;

c) A établir des propositions dans le but d'éliminer les interférences gênantes constatées entre les émissions des stations radioélectriques ;

d) A publier régulièrement des documents d'information nécessaires et en particulier la liste officielle des fréquences.

Les travaux de chacun des Comités cités ci-dessus seraient dirigés par un des vice-présidents du Bureau du Conseil administratif chargés des questions techniques.

5) *Le Secrétariat général* exercerait sous l'autorité du vice-président du Conseil administratif chargé des affaires générales des fonctions semblables à celles du Bureau actuel de l'Union.

IV. — *Modifications aux règlements annexes à la Convention.*

L'examen des propositions de modifications concernant ces documents a conduit la Conférence de Moscou à étudier notamment les très importantes questions suivantes :

- Tableau général de répartition des fréquences ;

- Procédure d'enregistrement des fréquences ;

— Tolérances de fréquences, intensité des harmoniques, largeurs de bande des émissions.

Exposer ici, même sommairement, les échanges de vues qui ont eu lieu sur ces sujets nous entraînerait trop loin.

Nous renvoyons en conséquence le lecteur qui serait intéressé par ces questions aux documents qui seront publiés par le B. U. I. T.

SPÉCIFICATIONS DE RADARS POUR LA MARINE MARCHANDE

Dans son numéro de juillet 1946, *L'Onde Electrique* a rendu compte des résultats de la Conférence Internationale des Aides Radioélectriques à la Navigation Maritime, qui s'est tenue à Londres, en mai et juin 1946, et qui doit être d'ailleurs suivie, dans l'avenir, d'un certain nombre de Conférences analogues. Cette Conférence a, en particulier, mis au point deux spécifications de Radars destinés à la Marine Marchande, qui ont été adoptées internationalement, et pour lesquelles il a été recommandé que les Administrations compétentes de chaque pays délivrent un certificat national, constatant que tel ou tel appareil est conforme à la spécification. L'une de ces spécifications concerne un « radar de navigation » assez perfectionné, mais relativement coûteux, et destiné aux navires d'une certaine importance, l'autre un « radar anticollision », plus simple et de prix moins élevé, mais ne pouvant servir à la navigation, et utilisable seulement pour prévenir des dangers de collision.

Avant la Conférence de Londres, une spécification de radar de navigation avait déjà été mise au point en décembre 1945 par le Service des Phares français, en s'inspirant de la spécification analogue étudiée par les *Coast Guards* (Service des Phares américain). Bien que cette spécification doive maintenant être remplacée par la spécification correspondante mise au point à Londres, elle garde néanmoins un intérêt sur certains points, et du fait que diverses études de radars ont été entreprises en France d'après les caractéristiques qui y sont indiquées.

Afin de permettre à tous les techniciens de connaître d'une manière précise ces diverses spécifications nous publions, ci-dessous :

1° La spécification de radar de navigation du Service des Phares français ;
2° La spécification de radar de navigation de la Conférence de Londres ;
3° La spécification de radar anticollision de la Conférence de Londres.

I. — SPECIFICATION SOMMAIRE MINIMA D'UN RADAR DE NAVIGATION POUR NAVIRES MARCHANDS

(SERVICE DES PHARES ET BALISES FRANÇAIS)

Décembre 1945 (1)

1. Appellation.

Radar de navigation, type « Marine marchande ».

2. Description générale.

L'appareil est un radar de veille-surface, sur une longueur d'onde voisine de 3 cm, conçu spécialement pour détecter à distance ,en pleine mer, l'approche d'autres bâtiments ou de dangers, et donnant également des indications suffisantes pour permettre la navigation au voisinage des côtes.

3. Fonctionnement.

Le radar sera destiné à être mis en œuvre par un personnel de passerelle, possédant peu ou pas d'entraînement technique. Son fonctionnement ne devra pas introduire de gêne dans l'utilisation des autres instruments de navigation.

4. Caractéristiques générales.

A) *Portée maxima* : 15 milles marins (30 milles sur balises répondeuses convenables).

Portée minima : 100 m. environ.

B) *Pouvoir de résolution* : un radar convenablement utilisé, fonctionnant avec une durée d'impulsion et une largeur de faisceau rayonné définies ci-dessous, doit pouvoir présenter un pouvoir de résolution de 100 m. environ en distance et de 3 degrés en gisement, sur l'échelle de balayage la plus amplifiée.

5. Affichage des observations et des échelles.

A) *Indicateur* : le « Plan Position Indicator » (PPI) (écran panoramique) aura un diamètre de 18 cm au moins, le balayage sera linéaire à ∓ 2 % près, cependant une tolérance de ∓ 5 % sera acceptée dans les premiers et derniers 10 % de son amplitude.

B) *Echelle de distance* : il y aura quatre échelles : de 0 à 2,5 milles marins, de 0 à 5 milles marins, de 0 à 15 milles marins, de 0 à 30 milles marins (pour l'utilisation sur balises répondeuses). Un indicateur montrant nettement, même dans l'obscurité, l'échelle utilisée, sera prévu.

C) *Indicateur de distance* : un dispositif indicateur de distance sera réalisé, pour mesurer les distances entre 500 m et 30 milles marins, avec une précision au moins égale à la plus grande des deux valeurs suivantes : ∓ 2 % de la distance, ou 100 m. Ce dispositif pourra être associé à l'oscillographe PPI.

D) *Indicateur de gisement* : le PPI sera asservi au gyrocompas avec affichage du relèvement vrai, curseur repère de gisement, indicateur de cap et éclairage réglable de la graduation azimuthale. L'erreur absolue maxima entre l'antenne et l'affichage ne devra pas dépasser 2 degrés.

6. Antenne.

A) *Réflecteur* : paraboloïde tronqué (ou équivalent).

B) *Largeur du faisceau* : horizontale : 2 degrés au maximum entre les points du lobe principal correspondant à la demi-puissance ; verticale : 15 degrés au minimum entre les points de demi-puissance (7°,5 au-dessus et au-dessous de l'horizon).

(1) Cette spécification est peu différente de la spécification correspondante du Service des Phares et Balises américain, d'octobre 1945, que l'on s'est borné à adapter aux besoins français.

C) *Fixation* : l'antenne sera étudiée pour être fixée sur une plate-forme horizontale, sur laquelle elle sera boulonnée. Elle sera protégée par un capot amovible, en matière isolante convenable, à faibles pertes.

D) *Polarisation des ondes* : horizontale.

E) *Rotation* : continue sur 360 degrés ; vitesse d'au moins 12 à 15 tours par minute ; commande par interrupteur ; un commutateur de renversement de marche pourra être fourni, pour permettre le balayage de secteurs. S'il ne doit pas en résulter de trop grandes complications dans le système de commande, on prévoira la possibilité d'arrêter le balayage automatique, et de balayer à la main (par le système de télécommande de l'antenne), en faisant tourner une manivelle placée sur le récepteur.

F) *Faisceau rayonné* : les lobes secondaires du faisceau devront avoir une intensité maxima inférieure d'au moins 25 décibels à l'intensité maxima du lobe principal.

7. Emetteur.

A) *Fréquence* : la fréquence sera comprise dans la gamme de 9.320 à 9.430 Mc/s.

B) *Oscillateur à haute fréquence* : magnétron.

C) *Modulateur* : thyratron à hydrogène ou équivalent, ou, éventuellement, éclateur à étincelles.

D) *Système de transmission de la haute fréquence* : entre le magnétron et l'antenne, l'énergie haute fréquence sera transmise par guide d'onde, l'affaiblissement ne devant pas, pour un seul parcours des ondes, dépasser au total 3 décibels. On indiquera la distance maxima qui pourra, étant donné le système utilisé, séparer l'émetteur de l'antenne, tout en réalisant cette condition. La rotation de l'antenne sera permise par l'intercalation d'un guide d'onde convenable, à section circulaire.

E) *Puissance de pointe* : 15 kW.

F) *Cadence des impulsions* : 800 par seconde au moins.

G) *Durée maxima des impulsions* : 0,5 microseconde.

H) *Trigger* (1) : tension positive de 10 à 50 V. (l'impédance de couplage au circuit extérieur étant supposée très grande).

8. Récepteur.

A) *Bande passante* : bande passante de l'ensemble du récepteur fixée à la valeur optima, étant donné la durée des impulsions choisies (de l'ordre de 2 Mc/s pour des impulsions de 0,5 microseconde).

B) *Gain total* : 120 décibels.

C) *Tension à la sortie de l'étage amplificateur de videofréquence* : 0,5 à 2,5 V. (en supposant l'utilisation d'une résistance de charge de 75 ohms).

D) *Niveau total de bruit au-dessus du niveau minimum théoriquement possible* ($KT.\Delta F$) : 15 décibels.

E) *Dispositifs spéciaux* : système de contrôle automatique de la fréquence, pouvant être supprimé à volonté; système antiparasite à constante de temps variable ; système de commande de la sensibilité en fonction du temps, réglable à volonté ; possibilité d'accord spécial du récepteur sur une fréquence différente de la fréquence d'émission, pour la réception de la réponse des balises dont la fréquence sera de 9.310 $\pm$ 3 Mc/s (1).

9. Dispositions spéciales (2).

Un commutateur permettra de passer du fonctionnement normal du radar au fonctionnement pour l'interrogation des balises, recevant les signaux compris dans la gamme de 9.320 à 9.430 Mc/s, et réémettant sur 9.310 Mc/s $\mp$ 3 Mc/s. Dans ce cas, la durée des impulsions de l'émission du radar sera allongée jusqu'à 2 microsecondes.

10. Source de courant.

L'appareil sera construit pour fonctionner sur une source de courant continu à 115 V. Une variation de $\mp$ 10 V. sur la tension de la source ne devra pas influencer son utilisation.

11. Dispositifs de commandes et caractéristiques de construction.

D'une façon générale, les diverses commandes eront disposées de façon que les réglages soient autant que possible intuitifs. La mise au point du faisceau de l'oscillographe devra être absolument indépendante du réglage de son intensité. Un limiteur d'intensité sera prévu, pour éviter d'avarier l'écran de l'appareil. Des fusibles convenables seront également prévus. Enfin, la construction et la protection contre les intempéries seront étudiées suivant la position des divers organes constituant le radar.

II. — SPECIFICATION MINIMA D'UN RADAR DE NAVIGATION POUR NAVIRE MARCHAND (CONFERENCE INTERNATIONALE DE LONDRES)

(*Mai et juin* 1946.)

I. — Performances générales.

1. *Objet de l'équipement.*

a) Apporter une aide à la navigation au voisinage des côtes et des îles ;

b) Avertir de l'approche d'un autre navire de surface, ou d'un danger, de façon à permettre d'éviter une collision ;

c) Fournir une indication sur la position du navire par rapport à des bouées, à la côte, ou à des repères de navigation, de façon à aider à la navigation dans les régions difficiles.

2. *Types de navires auxquels l'appareil est destiné.*

Tous types de navires marchands de dimensions convenables.

II. — Performances du radar.

3. *Portée maxima.*

L'antenne étant placée à une hauteur de 12 m. au-dessus du niveau de l'eau, l'appareil doit donner une indication nette :

(1) La Conférence de Londres ayant estimé prématuré d'édicter des recommandations concernant les balises répondeuses actives, la partie de la présente spécification concernant l'interrogation de ces balises est considérée comme réservée, tout au moins temporairement. (N.D.L.R.)

(2) Il s'agit d'une pointe de tension très brève, fournie au début de l'impulsion appliquée au magnétron, et qui a, en particulier, pour but de déclencher le balayage de l'oscillographe.

a) De la ligne de la côte, à une distance de 20 milles marins si les terres s'élèvent à une altitude de 60 m. et à une distance de 7 milles marins, si elles ne s'élèvent qu'à une altitude de 6 m.

b) Des objets suivants, se trouvant à la surface de la mer :

1° Navire de 5.000 tonneaux, à une distance de 7 milles marins ;

2° Bateau de pêche d'une longueur de 10 m., à une distance de 2 milles marins ;

3° Bouée de moyennes dimensions, à une distance de 2 milles marins.

4. *Portée minima* :

A laquelle une évaluation précise de la distance peut être obtenue : 270 m. ;

A laquelle un petit objet (par exemple une bouée d'importance moyenne) cesse d'être visible : 40 m.

5. *Précision en distance.*

L'appareil doit permettre de mesurer directement la distance d'un objet avec une erreur ne dépassant pas ± 5 % de la distance maxima correspondant à l'échelle en service.

6. *Pouvoir de discrimination en distance.*

L'appareil doit indiquer clairement, sur son échelle la plus amplifiée, la présence de deux petits objets, alignés sur lui, et séparés par un intervalle de 90 m.

7. *Précision en relèvement.*

Il doit être possible de déterminer le relèvement d'un objet avec une erreur maxima de 1 degré à la limite de l'écran de l'oscillographe.

8. *Pouvoir de discrimination en relèvement.*

L'appareil doit indiquer clairement la présence de deux objets se trouvant à la même distance, lorsque l'intervalle situé entre eux est vu sous un angle de 3 degrés, à condition toutefois que cet intervalle soit plus grand que 180 m.

Les échos dus aux lobes secondaires de la courbe de rayonnement de l'antenne doivent être de 46 décibels au moins au-dessous des échos dus au lobe principal.

9. *Roulis.*

Les performances de l'appareil doivent être telles que les objets repérés restent visibles dans les limites des portées indiquées aux paragraphes 3 et 4 ci-dessus, même lorsque le bateau roule de ± 10 degrés.

10. *Radiofréquence et polarisation des ondes.*

L'appareil doit fonctionner dans la bande de fréquence X, et employer un système d'antenne rayonnant des ondes polarisées horizontalement (1).

11. *Exploration.*

L'exploration doit être continue et automatique sur 360 degrés, à une vitesse qui ne soit pas inférieure à 20 tours par minute, dans un vent dont la vitesse peut atteindre 60 nœuds.

12. *Indicateur de cap.*

Des dispositifs doivent être prévus pour indiquer sur l'écran le cap du navire avec une erreur maxima, par rapport aux échos voisins, ne dépassant pas 1 degré.

13. *Stabilisation des azimuts.*

L'appareil doit pouvoir fournir une image dans laquelle le nord sera constamment à la partie supérieure de l'écran, en étant alors associé à un compas transmetteur d'azimut d'un type approuvé. Il doit aussi fournir, d'une manière satisfaisante, des azimuts relatifs, si la commande venant du compas n'est pas en service ou n'est pas installée. Des moyens doivent être prévus pour pouvoir alors faire tourner l'image de façon à placer le nord dans la direction du haut de l'écran.

14. *Présentation.*

L'appareil doit posséder un dispositif de présentation en plan (vue à vol d'oiseau) d'un diamètre qui ne soit pas inférieur à 23 cm., et susceptible d'être vu dans la lumière indirecte du jour, sans restriction anormale en ce qui concerne l'angle de vision.

15. *Echelle du dispositif de présentation.*

Quatre échelles seront prévues, indépendantes des dimensions de l'écran, et correspondant aux valeurs 1/80.000, 1/90.000, 1/270.000, 1/810.000. La distorsion de l'échelle sur l'écran devra être telle que les distances mesurées sur cet écran avec une échelle linéaire ne soient pas entachées d'erreurs supérieures à 5 % de la portée maxima correspondant à l'échelle en service.

16. *Dispositifs indicateurs auxiliaires.*

L'appareil doit permettre l'addition ultérieure de deux dispositifs indicateurs répéteurs, dans lesquels l'échelle, toujours indépendante des dimensions de l'écran, pourra être modifiée par l'opérateur d'une manière continue et indépendante, dans les limites de 1/25.000 à 1/500.000. Ces dispositifs répéteurs devront pouvoir être éloignés du récepteur, la longueur des câbles les reliant devant pouvoir atteindre 70 m.

17. *Subdivisions de l'équipement.*

L'appareil doit pouvoir être commandé à partir de l'emplacement de l'indicateur. Le ou les meubles contenant l'indicateur et les dispositifs de commande doivent être de dimensions aussi réduites que possible, de façon à faciliter leur installation sur le pont. Tous les organes de l'appareil installés à bord doivent être commandés à distance. Si l'émetteur et l'antenne n'appartiennent pas à un même ensemble, ils doivent être capables de fonctionner jusqu'à une distance de 18 m. l'un de l'autre. Tous les organes qui ne sont pas installés au voisinage de l'indicateur doivent pouvoir fonctionner jusqu'à une distance de 70 m. de celui-ci.

18. *Alimentation.*

L'appareil doit pouvoir être alimenté par une source de courant continu à 110 ou 220 V et tolérer des variations de tension de ± 10 %.

La puissance totale consommée ne doit pas dépasser 5 kW.

19. *Anti-parasitage.*

a) L'appareil doit être convenablement antiparasité et, s'il y a lieu, placé sous écran, de façon qu'il ne produise aucun brouillage à l'équipement radioélectrique du bord et qu'il ne subisse aucun brouillage provenant de cet équipement.

(1) Il est rappelé que la bande X va de 9.320 à 9.480 Mc/s ongueurs d'onde 3 cm 22 à 3 cm 18. (N.D.L.R.)

b) Autant que possible, l'appareil ne doit pas être susceptible d'être brouillé par les machines électriques du bord.

c) Le ou les meubles renfermant l'indicateur et les dispositifs de commande ne doivent causer qu'une perturbation négligeable à un compas magnétique lorsqu'ils sont installés à une distance de 1 m. 80 de cet instrument. Le reste des organes de l'installation ne doit causer qu'une perturbation négligeable à un tel compas, lorsqu'ils sont installés à une distance de 4 m. 50.

20. *Bruits.*

Les organes installés au voisinage de l'indicateur ne doivent pas créer de bruits audibles à une distance de 6 m dans l'air calme.

21. *Fonctionnement.*

L'appareil doit pouvoir être utilisé par l'officier chargé de la navigation. Le nombre des commandes doit être réduit au minimum, et elles doivent toutes être d'un accès et d'un usage facile. La période de mise en route doit être aussi courte que possible, et l'appareil doit se trouver en complet fonctionnement une minute au plus après sa mise en marche. Des dispositifs automatiques doivent être installés pour empêcher qu'un opérateur puisse endommager le matériel par un mauvais usage des commandes.

22. *Essais des performances.*

Des moyens doivent être prévus pour permettre à un opérateur non technicien de vérifier les performances d'ensemble de l'équipement lorsqu'il est en fonctionnement.

23. *Entretien à la mer.*

L'appareil doit être étudié pour que les parties principales et tous les organes particulièrement susceptibles d'avaries puissent être remplacés à la mer par des rechanges se trouvant sur le bateau, sans exiger de réétalonnage ou de nouveau réglage précis. Les organes non remplaçables à la mer doivent avoir une vie d'au moins mille heures.

24. *Enregistrement automatique de la durée de fonctionnement.*

Un dispositif doit être prévu pour enregistrer automatiquement le nombre d'heures pendant lesquelles l'appareil a fonctionné.

25. *Conditions climatériques.*

L'appareil doit être capable de fonctionner d'une manière satisfaisante dans les limites normales de température et d'humidité rencontrées dans les régions arctiques et tropicales, comme il est indiqué dans les spécifications habituelles.

26. *Essais de vibrations et de chocs.*

L'appareil doit être capable de fonctionner de façon satisfaisante tout en étant soumis d'une manière continue à des vibrations sinusoïdales simples d'une amplitude de 6 cm., à une fréquence de 180 cycles par minute, dans le plan vertical, et d'une amplitude de 2 mm. 5, à une fréquence de 240 cycles par minute, dans le plan horizontal. Il doit être monté de façon que ses organes soient protégés contre les chocs et les vibrations de plus hautes fréquences.

27. *Accessoires.*

Chaque appareil doit être fourni avec un jeu d'outillage suffisant pour son entretien, ainsi qu'avec des notices d'entretien, des instructions de fonctionnement, et des pièces de rechange correspondant à ce qui est nécessaire pour six mois. Il doit être emballé de façon à pouvoir être transporté par bateau et stocké dans n'importe quelle partie du monde.

APPENDICE

DISPOSITIFS AUXILIAIRES DESTINÉS A ÊTRE EMPLOYÉS EN LIAISON AVEC LE RADAR DE NAVIGATION.

I. — Introduction.

1. — La spécification précédente a trait à un radar pour la marine marchande, destiné à couvrir les besoins généraux, et étudié pour fournir une aide convenable aux navigateurs pour un prix minimum.

2. — Lors de la préparation de cette spécification, il a été constaté que certains usagers souhaiteraient obtenir de leur radar plus d'informations que ne peut en fournir l'appareil en question ; c'est pourquoi il a été prévu, au paragraphe 16, la possibilité d'ajouter facilement certains dispositifs auxiliaires.

3. — On a estimé que la construction en série de ces radars — avec la réduction corrélative du prix de revient qui doit en résulter — serait facilitée si le radar d'usage général précédent était regardé comme un type de base, et si des perfectionnements pouvaient être ajoutés à l'appareil pour répondre aux demandes de certains acquéreurs particuliers. Ces perfectionnements incluraient, par exemple, les suivants :

a) Dispositif répéteur auxiliaire ;
b) Dispositif de mesure précise de la distance ;
c) Dispositif d'expansion d'une partie du P.P.I.

II. — Dispositif répéteur auxiliaire.

4. — Ce dispositif est constitué par un P.P.I. alimenté à distance, et pouvant être installé assez loin du radar proprement dit, avec ses organes de commande locale propres. Le diamètre de l'écran de l'oscillographe ne sera pas inférieur à 23 cm., ou même, de préférence, à 30 cm.

Tout défaut de linéarité doit rester inférieur à 1 % de la longueur correspondant au rayon de l'écran. L'usage principal du répéteur est de servir de dispositif de projection, l'image apparaissant sur l'écran pouvant être directement superposée à une carte marine ordinaire, grâce à un système réflecteur, ou à tout autre dispositif.

5. — Comme il n'existe pas d'échelles normalisées pour les cartes marines, il est nécessaire que le dispositif P.P.I., destiné à être utilisé comme il vient d'être dit, possède une échelle variable d'une manière continue, entre des limites convenables. Cette échelle variable d'une manière continue peut être divisée en gammes successives, comme suit :

a) Echelle continuellement variable de 1/20.000 à 1/60.000 ;

b) Echelle continuellement variable de 1/60.000 à 1/180.000 ;

c) Échelle continuellement variable de 1/180.000 à 1/540.000,

Ce qui, avec un P.P.I. de 30 cm. de diamètre, correspond à des portées de :

a) 1,6 à 4,9 milles marins ;
b) 4,9 à 14,8 milles marins ;
c) 14,8 à 44,4 milles marins.

Il doit naturellement y avoir un léger recouvrement entre les gammes successives.

6. — La fig. 1 représente en élévation un dispositif suggéré pour le P.P.I. et le système réflecteur, dispositif qui comporte une plaque de verre semi-argentée, disposée de façon à faire un angle de 45 degrés aussi bien avec l'écran du P.P.I. qu'avec la table supportant la carte marine. La méthode d'utilisation consiste à regarder la carte verticalement à travers le réflecteur, ce qui fait que l'image du

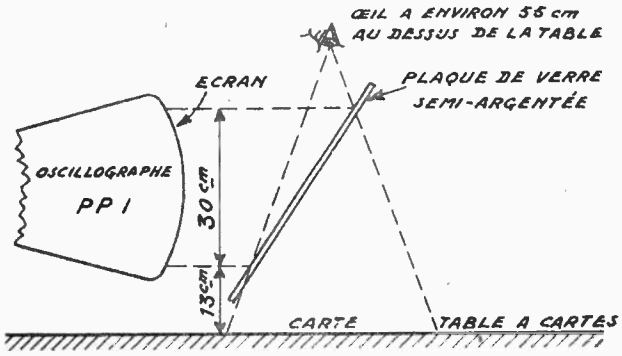


FIG. 1.

P.P.I. apparaît comme superposée à cette carte. Pour que l'image réfléchie se trouve bien dans le plan de la carte, il est important que la surface réfléchissante constitue le plan bissecteur du dièdre droit formé par la table des cartes et par l'écran du P.P.I. (1).

7. L'examen de la figure montre que l'image du P.P.I. après réflexion, présentera ses directions nord et sud inversées. Il est facile de renverser ces directions sur l'écran du P.P.I, par un procédé électrique, et ceci sera effectué par la manœuvre d'un commutateur convenable, disposé sur le panneau de commande de l'appareil, et dont les deux positions seront dénommées « P.P.I. normal » et « P.P.I. projeté ».

8. — La bonne adaptation de l'image à la carte sera facilitée si le P.P.I. et son dispositif réflecteur détachable ou refermable sont montés sur un système de bras mobiles, permettant à l'ensemble de se mouvoir d'une région de la carte à une autre. Ces bras doivent être tels que l'écran du P.P.I. reste normal au plan de la table et à une distance constante de lui. Il est essentiel que l'ensemble puisse se refermer et se bloquer, et qu'il ne puisse pas se déplacer trop librement, étant donné le roulis probable du navire. Des câbles blindés relieront le dispositif mobile au panneau de commande, qui sera disposé à un emplacement convenable pour l'utilisateur du P.P.I. On pourra tenir compte de toute petite déviation du compas de commande en orientant convenablement la carte, et, si le compas est du type magnétique à transmission, le dispositif par lequel il agit sur le P.P.I. devra pouvoir être débranché, de façon à ne pas être gêné par des variations locales éventuelles du compas.

(1) La figure 2 représente le système indicateur d'un tel radar (type de l'Amirauté britannique), installé au-dessus de la table des cartes d'un navire (N.D.L.R.)

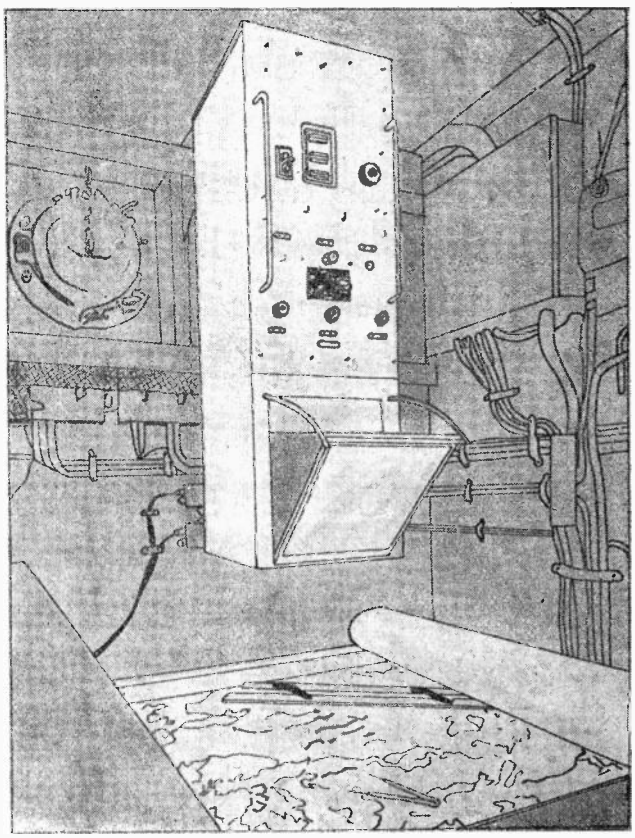


FIG. 2.

9. — Toute autre méthode, par laquelle l'image apparaissant sur l'écran du P.P.I. peut être projetée sur la carte marine, peut donner satisfaction, si elle réalise ces diverses conditions.

III. — Dispositif de mesure précise des distances.

10. — Ce dispositif peut être semblable au type normal de l'Amirauté britannique, consistant en une circonférence de rayon variable apparaissant sur le P.P.I., que l'on règle pour qu'elle passe par l'écho dont on désire mesurer la distance, cette distance étant ensuite lue sur un cadran gradué.

11. — Un degré suffisant de précision sera l'équivalent linéaire d'une longueur de 1 mm. sur l'écran du P.P.I., c'est-à-dire :

Echelle naturelle de l'image du P.P.I.	*Erreur maximum en distance*
1/30.000 (dans laquelle 1 mille marin correspond à 6 cm. 17).....	30 mètres
1/90.000 (dans laquelle 1 mille marin correspond à 2 cm. 06).....	90 mètres

1/270.000 (dans laquelle 1 mille marin correspond à 0 cm. 69)..... 270 mètres
1/810.000 (dans laquelle 1 mille marin correspond à 0 cm. 23)..... 800 mètres

IV. — Expansion d'une partie de l'image du P.P.I.

12. — L'objet de ce dispositif est de permettre à l'usager d'amplifier une partie de l'image du P.P.I. ; ce sera le cas par exemple pour l'image d'un groupe de navires qui peut se trouver à quelque distance, en avant du bateau. Ce dispositif sera aussi employé avec avantage si des systèmes de guidage par radars sont établis (1).

13. — Ceci peut être obtenu à volonté par la disposition de l'oscillographe, dite « présentation du type B » ou par celle dite « présentation P.P.I. de précision ». Les deux systèmes amplifient électriquement toutes portions de l'écran du P.P.I. dans des limites de distances et d'azimuts déterminées, et les fig. 3*a*, 3*b* et 3*c* représentent respectivement une portion du P.P.I. normal, et les présentations correspondantes du type B, ou du type P.P.I. de précision, pour une zone sous-tendue par un arc de 12 degrés (60 à 72 degrés) et couvrant un intervalle de distance de 2.400 m. environ (7 à 8,2 milles marins).

Ces présentations amplifiées s'effectueront vraisemblablement sur un oscillographe cathodique ayant un écran d'un diamètre de 13 cm. environ. C'est pourquoi les fig. 3 *b* et 3*c* ont été représentées avec une échelle d'environ la moitié de celle de la fig. 3*a*.

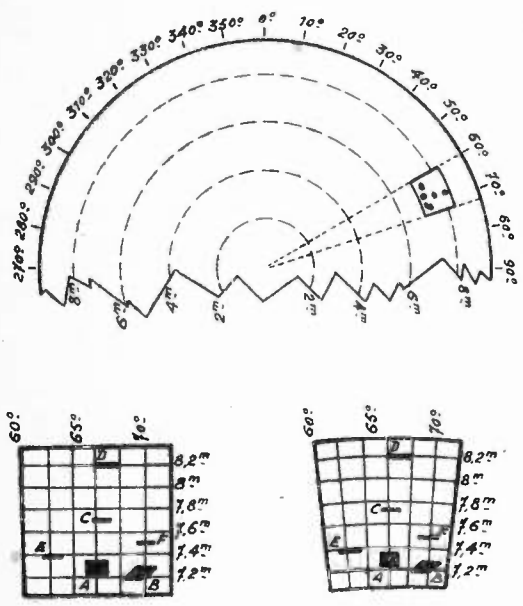


FIG. 3.

La question de savoir quelles sont les meilleures limites des zones à amplifier, en distances et en azimuts, nécessite encore des études. Dans les deux présentations, les objets examinés sont distordus en azimut, du fait de la largeur du faisceau des ondes, mais, de plus, la fig. 3*b* est également distordue du fait que les lignes radiales, qui doivent concourir vers l'observateur, sont reproduites comme des lignes parallèles entre elles.

14. — L'examen des figures montre que le navigateur peut, par de telles méthodes de présentation, obtenir l'équivalent d'une vue rapprochée de toute une zone se trouvant à grande distance. C'est ainsi que, dans les fig. 3*b* et 3*c*, A et B représentent des navires, A arrivant vers les répondeurs de radars C et D, et B se dirigeant vers l'est ou le sud-est ; E et F sont des bouées répondeuses. Dans ces deux présentations, chaque écho est bien séparé, et on peut voir sans hésitation que l'observateur se trouve en dehors de l'alignement des répondeurs de radars C et D. Dans la fig. 3*a*, au contraire, les échos se trouvent assez rapprochés, et le fait que les échos B et F concernent des objets distincts résulte seulement de l'effet caractéristique de « forme d'haltère » pour l'ensemble des deux échos. De même, dans ce cas, les répondeurs C et D sont de peu de valeur comme système de guidage en direction.

(1) On a vraisemblablement voulu viser surtout le cas où l'on réaliserait des dispositifs de guidage en s'alignant sur deux balises répondeuses. (N.D.L.R.)

III. — SPECIFICATION MINIMA D'UN RADAR ANTICOLLISION DESTINE AUX NAVIRES DE FAIBLE IMPORTANCE

CONFERENCE INTERNATIONALE DE LONDRES

(*Mai et Juin* 1946.)

1. *Types de navire auquel le radar anticollision est plus spécialement destiné.*

Navires d'une vitesse maxima ne dépassant pas 12 nœuds, et d'un tonnage n'excédant pas, en principe, 3.000 tonneaux.

NOTA. — L'installation d'un radar de navigation est recommandée pour les autres bâtiments.

2. *Portée maxima* :

L'antenne étant placée à une hauteur de 12 mètres au-dessus du niveau de la mer, l'appareil doit donner une indication nette de la présence :

a) D'un navire de 5.000 tonneaux, à une distance de 7 milles marins ;

b) D'un bateau de pêche de 10 mètres de long, à une distance de 2 milles marins.

3. *Portée minima.* — 225 mètres.

4. *Précision de mesure de la distance.* — 10 % de la distance de l'objet considéré.

5. *Pouvoir de résolution en distance.* — Sur son échelle la plus amplifiée, l'appareil doit pouvoir séparer deux objets alignés sur lui, et laissant entre eux un intervalle d'au moins 180 mètres.

6. *Précision de mesure des azimuts.* — ± 5 degrés.

7. *Pouvoir de résolution en azimut.* — L'appareil doit pouvoir séparer deux objets situés à la même distance, et laissant entre eux un intervalle libre vu sous un angle de 10 degrés.

8. *Radiofréquence.* — A volonté, sous réserve que les conditions de la présente spécification soient satisfaites.

9. *Durée et fréquence des impulsions.* — A volonté, sous réserve que les conditions de la présente spécification soient satisfaites.

10. *Polarisation des ondes.* — A volonté, sous réserve que les conditions de la présente spécification soient satisfaites.

11. *Caractéristiques de rayonnement* :

a) Vitesse minima de rotation : 5 tours par minute ;

b) Ouverture angulaire horizontale, entre points de champ 1/2 du champ maximum : 10 degrés ;

c) Ouverture angulaire verticale, entre points de champ 1/2 du champ maximum : 20 degrés (10 degrés au-dessus et 10 degrés au-dessous de l'horizon) ;

d) Champ maximum des lobes secondaires à 20 décibels au-dessous du champ maximum du lobe principal.

NOTA. — Toutes ces valeurs s'entendent en considérant seulement le champ rayonné.

12. *Présentation* :

a) Diamètre minimum de l'écran de l'oscillographe : 12 cm. (diamètre conseillé : 18 cm.) ;

b) Présentation P.P.I. ;

c) Echelle variable d'une manière continue, la distance maxima correspondant au rayon de l'écran variant de 4 à 20 milles marins ;

d) Estimation des distances par repérage par rapport à un jeu de cercles marqueurs, espacés entre eux de 4 milles marins ;

e) Estimation des azimuts (relatifs) sur un cadran gradué, convenablement éclairé.

18. *Réglage automatique de la fréquence.* — Désirable, en particulier si la fréquence est supérieure à 3.000 Mc/s.

14. *Alimentation* :

a) Puissance maxima d'alimentation ne dépassant pas 2 kW ;

b) L'appareil doit fonctionner convenablement, même si la source d'alimentation est sujette à des fluctuations de tension de $\mp$ 10 % de la valeur normale ;

c) L'ensemble du radar doit être antiparasité et blindé, de manière à ne pas causer de brouillages aux autres appareils électroniques.

15. *Moniteur.* — Un « moniteur » simple, capable de donner une indication sûre du bon fonctionnement de l'ensemble du radar, sera prévu.

16. *Dispositions générales* :

a) L'appareil devra être de construction robuste, et ses différents éléments devront être protégés, ou étanches à la pluie, ou étanches à la lance, suivant les exigences résultant de leur emplacement ;

b) Le nombre des commandes normalement accessibles sera aussi réduit que possible, la couleur et la forme des boutons de commande étant étudiées en vue de faciliter l'usage de l'appareil. Les boutons correspondant à des réglages d'essais ou d'étalonnage, qui n'ont pas habituellement besoin d'être retouchés au cours du fonctionnement normal, seront placés de manière à ne pas être directement accessibles de l'opérateur.

TABLE DES MATIÈRES

VOLUME XXVI — **ANNÉE 1946** — **NUMÉROS 226 à 237**

N° DE LA CLASSIFICATION DÉCIMALE	TITRE DES ARTICLES	AUTEUR	PAGE	MOIS
	0. — Généralités			
011	Henri Abraham	M. JOUAUST.	3	Janvier.
011	Raymond Braillard	L. BOUTHILLON.	92	Février.
011	Le Colonel Paul Labat	Lt-Col ANGOT.	394	Octobre.
011	J.-L. Baird	R. BARTHÉLÉMY.	438	Novembre.
043	Physique élémentaire des ondes ultracourtes	P. GRIVET.	135	Avril.
	— — — —	—	188	Mai.
048	Sur le principe de Huyghens	M. ROCARD.	288	Juillet.
049	A la recherche d'un art radiophonique	J. MATRAS.	228	Juin.
049	Problèmes de l'acoustique moderne : Bruits et vibrations	F. CHAVASSE.	274	Juillet.
05	La Société des Radioélectriciens a vingt-cinq ans	R. RIGAL.	399	Novembre.
05	L'exposition du Palais de la Découverte	Ph. LE CALVEZ.	443	Décembre.
	1. — Mesures			
113	Deux appareils de mesure pour ondes centimétriques : Q.-mètre et wattmètre	A.-C. CLAVIER. R. CABESSA.		
134,3	Méthodes de mesure des constantes du dipole équivalant à un cristal piézo-électrique : quartzmètre	JACQUINOT. DUMESNIL. BOUGHON.	421	Novembre.
			259	Juillet.
	2. — Rayonnement-Propagation			
210	Les plages d'adaptation des émetteurs	D. GLASER.	430	Novembre.
212,1	Perturbation mutuelle de deux radio-goniomètres à cadre.	V. FAMILIER.	101	Mars.
212,6	Les projecteurs d'ondes centimétriques	H. GUTTON.	459	Décembre.
212,7	Les antennes diélectriques	F. PENIN.	387	Octobre.
284	Les câbles modernes de télécommunication	R. CHAMNEY.	448	Décembre.

N° DE LA CLASSIFICATION DÉCIMALE	TITRE DES ARTICLES	AUTEUR	PAGE	MOIS
	3. — Production des oscillations électriques			
332,2	Développements récents de la technique du magnétron	G. GOUDET.	49	Février.
332,2	Le mécanisme interne du magnétron	J. VOGE.	345	Août-Sept.
			374	Octobre.
332,3	Contribution à l'étude des oscillateurs à modulation de vitesse à réflexion	M. KUHNER. A.-M. GRATZMULLER.	38	Janvier.
334,4	Circuits oscillateurs et amplificateurs associés à des triodes d'émission à très haute fréquence	G. LEHMANN.	357	Octobre.
334,4	Sur les cavités électromagnétiques	J. BERNIER.	305	Août-Septembre.
362,2	La modulation de fréquence	P. BESSON.	7	Janvier.
—	—		74	Février.
—	—		107	Mars.
—	—		155	Avril.
—	—		204	Mai.
—	—		239	Juin.
	4. — Amplification et réception			
431	Définition et caractéristiques des coefficients d'amplification brute et utile des étages amplificateurs	R. LEGROS.	472	Décembre.
	5. — Exploitation et applications			
512	Le groupe radioélectrique de Toulouse	C. CARDOT et M. BERGERON.	318	Août-Septembre.
529	Le câble hertzien	A.-G. CLAVIER. G. PHÉLIZON.	331	Août-Septembre.
529	Les principaux facteurs qui conditionnent les systèmes de télécommunication radio-multiplex en hyperfréquences.	V.-A. ALTOVSKY.	401	Novembre.
529	Considérations sur les liaisons multiplex par câbles hertziens	J. MAILLARD.	417	Novembre.
542,0	Contribution à l'étude d'un standard vidéo	Y. ANGEL.	60	Février.
542,3	L'appareillage de télévision à 1.015 lignes de la Compagnie des Compteurs à Montrouge	P. MANDEL.	26	Janvier.
555	Spécifications de radars pour la marine marchande		481	Décembre.
	6. — Détails et construction des appareils et du matériel			
630	Application de l'analyse dimensionnelle aux tubes à vide fonctionnant à très haute fréquence. Cas de la triode.	G. LEHMANN.	175	Mai.
638,1	La distorsion trapézoïdale dans les tubes cathodiques	A. CAZALAS.	467	Décembre.
641	Bobine d'inductance à noyaux en fer divisé	I. AVANESSOFF.	149	Avril.
643,0	Remarque sur les condensateurs à capacité variable	PARODI. RAYMOND.	477	Décembre.
671	Cellule thermoionique de grande puissance à atmosphère gazeuse et ions positifs	S. KLEIN.	367	Octobre.
	7. — Législation et règlements			
71	La Conférence des radio-fréquences pour les services civils des pays libérés d'Europe (Londres, septembre 1945)	L. BRAMEL DE CLÉJOULX.	45	Janvier.
71	La Conférence internationale des routes aériennes Europe-Méditerranée (Paris, avril 1946)	Cne de corvette DALLE.	299	Juillet.
71	La Conférence internationale sur les aides radioélectriques à la navigation maritime	R. PETIT.	301	Juillet.
71	La VII[e] Assemblée générale de l'U.R.S.I.	A. HAUBERT.	391	Octobre.
71	La Conférence des Télécommunications de Moscou	Cdt LOYEN.	479	Décembre.
	8. — Sujets connexes à la radioélectricité			
810,0	L'optique électronique et ses applications au microscope électronique	Cne CHANSON.	95	Mars.
812	Le microscope électronique. Application au microscope électrostatique de la Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil	H. BRUCK et P. GRIVET.	217	Juin.

Imprimerie André Tournon et Cie, Paris. — O. P. L. n° 31.0979. — *Le gérant* : Etienne CHIRON
Dépôt légal : 4e trimestre 1946. — I. n° 125. — E. n° 20.